COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1842.

VICE-PRÉSIDENCE DE M. DUMAS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. LE PRÉSIDENT fait part à l'Académie de la perte douloureuse qu'elle vient d'éprouver : M. LOUIS DESAULSES DE FREYCINET, membre de la Section de Géographie et Navigation, est décédé le 18 août, au château de Freycinet, près Loriol (Drôme).

ZOOLOGIE. — *Sur l'organisation des Hydres.* — Note de M. MILNE EDWARDS,

« N'ayant pas eu l'honneur d'assister à la dernière séance, dans laquelle l'attention de l'Académie a été appelée sur l'histoire des Hydres, je demanderai la permission de revenir sur ce sujet pendant quelques instants, afin de préciser mon opinion sur un point en litige. D'après un passage du savant Rapport dont le Mémoire de M. Laurent a été l'objet, on pourrait croire que la Commission chargée de l'examen du travail de ce naturaliste avait tout entière adopté ses vues relativement à la *non-existence* des organes appendiculaires décrits par MM. Ehrenberg et Corda comme hérissant les tentacules des polypes d'eau douce. Or les résultats obtenus par ces derniers observateurs s'accordaient si bien, en ce qu'ils offrent d'essentiel, avec ce que j'avais eu l'occasion de voir moi-même chez d'autres zoophytes, que je n'ai jamais douté de l'existence des organes en question; et dès que j'ai cru nécessaire de m'en assurer directement, j'ai pu, sans difficulté,

changer mes présomptions en une conviction entière. MM. Dujardin, Quatrefages et Doyère avaient aussi depuis longtemps constaté la présence des organes appelés *hameçons* par M. Ehrenberg, et dans une Note que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau, M. Doyère montre comment ces mêmes organes, avant leur développement au dehors, constituent les instruments figurés par M. Corda sous le nom de poches hastifères.

» Je ne puis donc admettre, avec M. le rapporteur (1), que les appendices décrits par M. Ehrenberg soient des produits accidentels dus à la coagulation d'une matière gélatineuse; mais, plutôt que de jeter quelques doutes sur l'exactitude des observations de M. Laurent, approuvées comme elles l'ont été par mon savant et honoré collègue M. de Blainville, je serais porté à croire que peut-être ce zélé et consciencieux naturaliste aurait étudié une espèce d'Hydre différente de celle examinée par moi et par tous les zoologistes dont je viens de citer les noms, et cela expliquerait aussi la discordance de nos opinions sur quelques autres points dont il serait trop long de parler ici. Du reste, la question que j'ai cru devoir soulever paraît être tout à fait accessoire dans le travail de M. Laurent, et ne touche en rien aux points les plus importants de l'histoire des polypes d'eau douce, sujet dont ce savant poursuit l'étude avec une persévérance rare et digne de grands éloges. »

A l'occasion de cette Note, M. **Flourens** fait remarquer que M. Laurent, dans la première partie de son travail, la seule qui ait été l'objet du savant rapport de M. de Blainville, s'est proposé spécialement : 1° d'éclairer, par de nouvelles recherches, l'histoire des trois corps reproducteurs de l'Hydre (l'œuf, le gemme et la bouture); 2° de faire connaître le développement particulier de l'embryon qui provient de chacun de ces trois corps; et 3° de répéter et de confirmer les expériences de Trembley.

Quant au point sur lequel portent les observations de M. Milne Edwards, M. Laurent n'en parle qu'incidemment dans cette première partie de son travail : les Commissaires n'ont donc pas eu encore à le vérifier; mais M. Laurent s'est engagé à leur présenter les faits sur lesquels il fonde ce qu'il a dit à ce sujet, lorsqu'ils auront à examiner la seconde partie de son travail, partie dans laquelle il traite plus particulièrement de l'anatomie de l'Hydre.

M. **Duvernoy** ajoute aux observations de M. Milne Edwards que, dans

---

(1) *Voyez* le *Compte rendu* de la séance précédente, p. 381, ligne 11 et suivantes.

son dernier cours au Collége de France, il a eu l'occasion de vérifier aussi et de démontrer l'existence d'une partie des organes que M. Corda appelle *poches hastifères*.

M. Lacroix présente, au nom de l'auteur, M. Denaix, un ouvrage intitulé : *Géographie prototype de la France*, in-8°, *avec trois feuilles d'atlas*. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur l'emploi des fonctions discontinues dans l'analyse, pour la recherche des formules générales ; par* M. G. Libri.

Introduction.

« Tous les géomètres savent qu'il existe un grand nombre de questions dont la solution ne présente aucune difficulté lorsque les données du problème sont connues en nombres, et qui paraissent offrir des obstacles insurmontables lorsqu'elles sont posées d'une manière générale. Les problèmes les plus élémentaires, tels, par exemple, que la recherche du plus grand diviseur entre deux nombres donnés, ou la détermination des fonctions symétriques des racines d'une équation numérique, montrent tout à coup des difficultés inattendues lorsqu'on veut sortir des cas particuliers et avoir des formules générales. L'algèbre, qui résout ainsi les questions les plus compliquées quand elle cherche des valeurs numériques, est fréquemment en défaut lorsqu'on lui demande des expressions applicables à tous les cas. On trouve des nombres réduits, mais les formes qui lient ensemble ces nombres et la loi des réductions qu'ils ont éprouvées nous échappent le plus souvent ; et l'analyse mathématique, qui aspire à une généralité sans bornes, se trouve limitée dès les commencements.

» L'exemple le plus frappant de cette impuissance d'une science si vaste, et à tant d'égards si parfaite, se rencontre dans la *Théorie des nombres*, branche de l'analyse qui, ayant pour objet la recherche des propriétés des nombres entiers ou rationnels, semble toucher à l'arithmétique élémentaire, et qui a toujours offert les plus grandes difficultés aux géomètres lorsqu'ils ont voulu y introduire quelque généralité. La théorie des équations aux différences, celle des combinaisons, et tout ce qui se rattache aux fonctions entières, présentent des difficultés analogues que les mathématiciens ont reconnues depuis longtemps, et qui cependant ne semblent pas tenir à la nature même de la question ; car souvent on peut résoudre dans chaque cas particulier ces problèmes qui, traités d'une manière plus générale, résistent aux forces de l'analyse.

» Ce défaut ne nuit pas seulement à la généralité de la science : il en arrête les progrès, et les résultats numériques auxquels on parvient, sans qu'on puisse obtenir des formules générales, diffèrent autant de ces formules que les observations en physique diffèrent des lois de la nature. Tant que ces lois restent cachées, il faut répéter les observations pour chaque phénomène naturel, comme dans l'analyse, lorsqu'on ne connaît pas les formules générales, il faut répéter les calculs pour obtenir dans chaque cas un résultat numérique différent. N'obtenant ainsi que des nombres, on ignore les propriétés principales des fonctions que l'on étudie. On ne peut pas opérer la substitution, d'une formule dans une autre, des propriétés que l'on aurait découvertes, et l'on ne sait mettre le problème en équation que bien rarement, ce qui pourtant est nécessaire pour l'application de l'analyse à chaque question. Ces dernières remarques s'appliquent principalement à la théorie des nombres, où, en employant les méthodes ordinaires, il reste toujours quelque condition sous-entendue, qu'on n'écrit pas, qui ne permet pas d'appliquer librement à cette théorie l'analyse algébrique, et qui en fait une espèce de science à part.

» Lorsqu'on cherche à se rendre compte des difficultés que présente à cet égard la théorie des fonctions entières, on ne tarde pas à reconnaître qu'elles tiennent presque exclusivement à ce que ces fonctions, n'étant pas caractérisées d'une manière spéciale par les notations employées dans l'algèbre, il en résulte qu'elles ne peuvent pas tirer un grand secours de l'analyse et que tout s'y fait par des tentatives répétées et par une espèce de divination. Ainsi, par exemple, la série des nombres naturels, si simple, si élémentaire, ne saurait être caractérisée analytiquement sans avoir recours à des artifices fort cachés, et, lorsqu'on écrit dans un calcul la lettre x, rien n'exprime que cette lettre doive représenter plutôt un nombre entier qu'un nombre fractionnaire ou qu'une quantité irrationnelle ou transcendante quelconque. D'où il résulte que, comme dans les équations auxquelles on ramène les problèmes d'analyse indéterminée, on n'indique pas qu'il faille se borner aux nombres entiers, l'analyse répond à un problème plus général; et quand on a fait les calculs, si l'on n'a pas eu soin d'introduire mentalement dans la suite des opérations qu'on a pu faire, cette condition, qu'il s'agit toujours de nombres entiers, on obtiendra un résultat qui s'appliquera à une quantité x quelconque, mais qui ne répondra pas à la question proposée, où l'on ne voulait que de nombres entiers.

» Nous avons choisi l'exemple le plus simple de tous en prenant pour x un nombre entier; mais si cette lettre devait exprimer une fonction entière

plus compliquée : un nombre premier quelconque, une racine primitive indéterminée, ou une transcendante numérique d'un ordre encore plus élevé, on rencontrerait des difficultés, bien connues des géomètres, et sur lesquelles il n'est nullement nécessaire d'insister, mais qui auraient principalement pour origine cet emploi d'une lettre qui exprime une quantité quelconque, pour représenter une fonction entière déterminée et douée de propriétés particulières.

» Le défaut que nous signalons, et qui se reproduit dans les branches les plus diverses de l'analyse, tenant surtout au défaut d'un caractère analytique propre des fonctions entières, on pourrait être tenté d'y remédier par l'introduction d'une notation nouvelle qui s'appliquerait exclusivement à ces fonctions. Mais, à notre avis, l'emploi d'un nouvel algorithme est un remède extrême auquel il ne faut recourir que lorsqu'on s'est bien assuré que les signes déjà employés ne peuvent pas exprimer les propriétés des fonctions que l'on veut étudier. D'ailleurs le petit nombre de signes nouveaux que, depuis Viète jusqu'à nos jours, il a été nécessaire d'adopter pour exprimer tous les progrès réels de l'analyse, doit rendre chacun fort circonspect à l'égard de ces sortes d'innovations. Une foule de notations nouvelles ont été employées, à la vérité, à différentes époques par d'habiles géomètres ; mais lorsque ces notations n'accompagnaient pas une découverte éclatante, lorsqu'elles n'étaient pas simples, commodes et réclamées par les besoins de la science, elles n'ont pas été adoptées, et les auteurs qui les avaient inventées ont vu négliger des écrits estimables dans lesquels, aux difficultés naturelles du sujet, venait s'ajouter l'effroi qu'inspiraient au lecteur des signes bizarres et sans cesse renouvelés.

» Voilà pourquoi nous n'avons pas cru devoir proposer une nouvelle notation, qui aurait eu pour objet de cacher la difficulté, au lieu de la résoudre, et pourquoi nous nous sommes appliqué à plusieurs reprises à ce sujet, en n'employant que les notations et les signes déjà adoptés jusqu'ici. Dans plusieurs Mémoires qui ont paru précédemment, nous avons traité des questions particulières qui se rattachent toutes à ces mêmes principes. Le Mémoire que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie a pour objet de réunir et de développer ces divers travaux, et d'en former une théorie applicable aux fonctions entières et aux fonctions discontinues en général.

» Nos travaux sur ce sujet ont eu, dès l'origine, un double but : d'abord nous avons dû traiter les équations aux différences d'ordre indéfini auxquelles se ramenait la recherche de certaines formules qui avaient oc-

cupé longtemps les géomètres, telles, par exemple, que la détermination directe du terme général du développement d'un polynôme quelconque. Ces équations, nous les avons intégrées complétement pour la première fois; ensuite nous avons cherché à exprimer les conditions auxquelles doivent satisfaire les différentes fonctions entières, et nous sommes parvenu à assigner les caractères de ces fonctions sans introduire dans l'analyse aucune notation nouvelle. C'est à l'aide des fonctions discontinues que nous avons surmonté la difficulté qui semblait empêcher de caractériser ainsi les fonctions entières. Les fonctions discontinues, qui formèrent le sujet de discussions si vives entre les plus illustres géomètres du siècle dernier, ont été employées de nos jours avec bonheur par Fourier, qui, par une analyse aussi subtile que profonde, a su mettre l'existence de ces fonctions à l'abri de toute discussion, mais qui, absorbé par ses belles recherches de physique mathématique, ne s'est peut-être pas arrêté suffisamment aux conséquences importantes que l'emploi de ces fonctions pouvait avoir dans l'analyse pure. Après Fourier, les fonctions discontinues ont été surtout employées dans des problèmes de physique mathématique, pour exprimer certaines conditions qui se réalisent difficilement; mais les propriétés analytiques de ces fonctions, ainsi que l'emploi que l'on pouvait en faire dans la théorie des fonctions entières, n'ont pas été assez généralement étudiés.

» Il n'est pas inutile de remarquer que, quoique les corps de dimensions finies qui tombent sous nos sens soient généralement disjoints et discontinus, l'esprit analytique s'attache de préférence aux problèmes où la continuité peut être introduite, et où les accroissements infiniment petits que l'on donne aux variables échappent aux sens, tandis qu'il paraît repousser tout ce qui est discontinu. Il est vrai que, pour un certain nombre de lignes, de surfaces ou de corps, l'introduction des imaginaires fait passer facilement d'une partie à une autre du système, et satisfait aux conditions des limites; mais, sans nous arrêter à discuter ici la question de savoir si le passage du réel à l'imaginaire n'est pas lui-même une solution de continuité, nous ferons remarquer que, même dans ce cas, la continuité ne subsiste qu'à la condition de considérer le système tout entier, et que, chaque fois qu'il s'agit d'une portion quelconque de lignes, de surfaces et de corps; que chaque fois que l'on considère un polygone ou un polyèdre, ces figures et ces corps échappent à la continuité. Qu'y a-t-il de plus simple, par exemple, qu'un triangle? Pourtant cette figure, analytiquement parlant, est discontinue, et, dans l'état actuel de la théorie des courbes, le contour du triangle ne peut pas être représenté par une seule formule. Il en est de même de la série des nombres naturels dont nous avons déjà parlé, et les nombres 1, 2, 3, etc.,

sont discontinus et ne peuvent être exprimés en algèbre qu'en supposant une condition qui n'est pas écrite. Ces exemples si simples sont bien propres à faire comprendre l'utilité, la nécessité même de l'emploi des fonctions discontinues dans l'analyse. Plus on avance, plus on reconnaît cette nécessité, et, lorsqu'on étudie à fond cette matière, on est porté naturellement à considérer toute fonction finie comme pouvant se rattacher à une fonction discontinue. En effet, une fonction finie étant donnée, on peut toujours concevoir qu'au delà de ses limites, elle se rattache à une infinité de fonctions discontinues qui, entre ces limites, se réduisent à la fonction donnée. C'est ainsi, pour chercher un exemple dans les éléments de la théorie des courbes, qu'un arc de cercle, d'une longueur déterminée, peut être considéré comme un des côtés d'une infinité de polygones différents, auxquels il se rattache par des formules discontinues, et dont un seul, le cercle, est continu.

» Nous ne nous arrêterons pas ici aux diverses fonctions discontinues déjà employées par différents géomètres. Nous rappellerons seulement que, dans un Mémoire publié depuis plusieurs années, nous avons montré comment toute fonction discontinue pouvait se décomposer en deux facteurs, dont l'un exprimait la condition de discontinuité entre deux limites données, et l'autre donnait les valeurs que devait prendre la fonction entre ces mêmes limites. Ces conditions de discontinuité s'expriment facilement par des intégrales définies de même genre que celles qui servent à représenter les fonctions discontinues elles-mêmes; mais, comme ces fonctions doivent être souvent employées dans des problèmes d'algèbre ou de théorie de nombres où les intégrales définies ne pourraient guère figurer, nous avons cherché des formules plus simples, propres aux applications algébriques. Ces fonctions élémentaires n'offrent aucune difficulté, surtout quand il s'agit de les appliquer aux fonctions entières : elles reposent sur les propriétés les plus simples des exposants et elles ont l'avantage d'introduire dans l'algèbre ordinaire des méthodes qui semblaient jusqu'ici réservées pour la haute analyse.

» Un des cas les plus fréquents de discontinuité dont les géomètres aient à s'occuper, consiste dans l'application à un petit nombre de termes d'une formule générale qui suppose l'existence d'une série indéfinie. Ainsi, le développement d'une puissance quelconque d'un polynôme indéfini étant connu, comment devra-t-on s'y prendre pour appliquer cette formule à un trinôme (1) ou à un quadrinôme donné? Ce

(1) Au trinôme $ax^n + bx^m + cx^p$, par exemple.

genre de discontinuité offre de notables difficultés. Pour les aplanir, il faut compléter la série que l'on doit traiter et la réduire à un polynôme indéfini, à l'aide de certaines fonctions discontinues soumises toutes à la même loi, mais qui ne laissent subsister que les termes que l'on doit considérer. De cette manière, ces termes prennent place dans une série indéfinie, le développement s'opère régulièrement; et comme les termes que l'on a ajoutés pour obtenir cette régularité sont tous multipliés par une fonction qui se réduit à zéro, ils disparaissent dans l'expression finale à laquelle, sans en altérer la valeur, ils donnent une régularité et une généralité qui lui manqueraient autrement. Il arrive ici à peu près ce qu'on voit dans la série de Maclaurin, où, après avoir différencié, si l'on égale à zéro la variable, il ne reste que le terme dont on veut déterminer le coefficient. Seulement, en complétant, comme nous venons de le dire, une portion de série sur laquelle on veut opérer, il n'y a ni différentiation ni aucune autre opération à effectuer, et les fonctions discontinues sont choisies de manière qu'elles s'évanouissent d'elles-mêmes quand elles multiplient des termes qui ne doivent pas se trouver dans le résultat final. Il est facile de voir que par l'emploi de fonctions discontinues différentes, on pourrait compléter ces portions de série d'une infinité de manières, et que, malgré la diversité apparente des formules, on parviendrait toujours aux mêmes résultats.

» C'est en intégrant par la méthode des substitutions successives une équation aux différences d'ordre indéfini que nous avons obtenu pour la première fois, directement, le terme général du développement d'un polynôme quelconque, sans passer par les termes précédents, et sans ramener la question à une autre question qu'on ne saurait pas résoudre généralement, comme on l'avait fait toujours. Cette question nous a amené à étudier particulièrement les équations aux différences dont l'ordre et le nombre des termes augmentent avec la valeur de la variable. Ces équations, qu'on n'avait jamais considérées d'une manière spéciale, mais qui renferment la solution d'un grand nombre de problèmes intéressants, peuvent toujours être intégrées complétement. Non-seulement on obtient par notre méthode la loi de la série qui exprime l'intégrale, mais nous avons montré que l'on peut toujours avoir cette intégrale sous forme finie, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucune opération nouvelle, et en employant seulement le signe Σ, déjà affecté par les analystes à ces sortes d'intégrales, et qui exprime, comme on le sait, la somme d'un certain nombre de termes semblables. Après avoir intégré ces équations d'ordre

indéfini, nous nous sommes aperçu qu'étant donnée une équation aux différences d'un ordre fini quelconque, il était possible, à l'aide des fonctions discontinues, de ramener cette dernière équation à une autre équation d'ordre indéfini, et qu'il suffisait pour cela d'employer un artifice analogue à celui qui nous avait permis de transformer en un polynôme indéfini un polynôme composé d'un nombre fini de termes. C'est ainsi que, dans un travail inséré dans le XIVe volume des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de l'Institut*, nous avons pu intégrer les équations linéaires aux différences du second ordre à coefficients constants ou variables. On sait que Lagrange a intégré l'équation linéaire aux différences du premier ordre, et que Laplace et d'autres géomètres avaient cherché à plusieurs reprises à intégrer, sous forme finie, les équations linéaires à coefficients variables du second ordre. Jusqu'au moment où nous avons donné l'intégrale générale de ces équations, on pensait généralement que, pour les équations aux différences, il fallait se borner à peu près aux mêmes cas auxquels on est forcé de s'arrêter pour les équations différentielles. Cependant, dès nos premières recherches en ce genre de questions, nous n'avons jamais partagé cette opinion : il nous semblait en effet qu'on ne devait nullement établir une comparaison de cette nature entre les équations aux différences qu'on peut toujours résoudre pour des valeurs données quelconques de la variable, et les équations différentielles qui sont presque toujours également difficiles à intégrer sous forme finie, soit qu'il s'agisse de la valeur générale, soit que l'on se borne à chercher des valeurs numériques de la variable.

» La méthode exposée dans le Mémoire que nous venons de citer peut s'appliquer aux équations linéaires aux différences de tous les ordres, et nous avons remarqué récemment qu'on peut l'étendre à une équation quelconque aux différences, linéaire ou non linéaire. Cependant, comme il serait peut-être difficile d'après le court Mémoire que nous avons déjà publié sur ce point, de bien comprendre comment, et par quel moyen on peut résoudre ce problème, qui est un des plus généraux que les analystes aient jamais entrepris, nous avons pensé qu'il fallait reprendre cette théorie et l'exposer avec tous les développements nécessaires aux géomètres. C'est ce que nous avons fait dans le Mémoire que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie.

» Sans entrer ici dans des détails qui ne peuvent être facilement saisis qu'à l'aide des formules et des développements analytiques qu'on trouvera dans la suite de ce Mémoire, nous nous bornerons à dire que nous nous sommes

proposé spécialement dans ce travail de réduire en analyse et d'écrire dans le langage algébrique les tentatives que fait l'esprit lorsqu'il cherche la solution d'un problème. Jusqu'ici ces tâtonnements, qui conduisent souvent, et par méthode d'exclusion, à la solution cherchée, avaient échappé à l'analyse, et il en résultait qu'une foule de questions qui peuvent être résolues par des tentatives répétées, ne sembleraient pas admettre de solution générale. Ainsi, par exemple, rien n'est plus facile que de déterminer par tâtonnement, et à l'aide d'opérations arithmétiques fort simples, les diviseurs d'un nombre donné, et de s'assurer si ce nombre est premier ou ne l'est pas. Et pourtant, comme ces opérations et les tentatives que l'on faisait pour résoudre la question dans chaque cas particulier ne pouvaient pas s'écrire en analyse par les méthodes connues, il en résultait que ce problème, fort simple en réalité, devenait très-difficile, et que la loi des diviseurs des nombres et des nombres premiers semblait, suivant une assertion de Legendre, devoir toujours échapper à l'analyse algébrique. Rien ne paraissait pouvoir lier entre elles ces diverses opérations; cependant, à l'aide des fonctions discontinues, nous montrons dans ce Mémoire comment chaque tentative que fait l'esprit peut laisser une trace dans l'analyse, et nous déduisons de ces principes la loi des nombres premiers, ainsi que d'autres formules du même genre. Pour ne pas abuser des moments de l'Académie, nous ne nous étendrons pas ici sur l'énumération des questions que nous avons traitées par ces principes, et nous nous bornerons à un seul énoncé qui, par sa généralité, nous paraît devoir être signalé, peut-être, à l'attention des géomètres.

» Tous ceux qui ont la plus légère connaissance des échecs ont entendu parler d'un problème dans lequel on se propose de faire parcourir successivement au cavalier toutes les cases de l'échiquier sans passer deux fois par la même case. Cette question, qui a occupé à différentes époques les plus célèbres géomètres, parmi lesquels il suffira de citer Moivre, Euler et Vandermonde (1), n'a été résolue que par une suite de tentatives ingénieuses qui ont fait découvrir une foule de solutions pratiques. Mais il n'y a rien de général dans ces solutions, qui sont purement numériques, et l'analyse mathématique n'a été d'aucun secours pour des problèmes qu'on ne savait pas mettre en équation. Cette question, qui se rattache à la géométrie de situation, peut se résoudre généralement à l'aide de nos principes, et par l'emploi des

(1) Récemment cette question a été traitée par M. de Lavernède et par M. Ciccolini, qui, tous les deux, ont varié et généralisé les résultats déjà obtenus.

fonctions discontinues. Toutes les circonstances du problème, la marche du cavalier sur l'échiquier, la condition de ne pas le faire passer deux fois de suite sur la même case, et la condition plus difficile encore qui tient aux limites, et qui consiste à empêcher le cavalier de sortir de l'échiquier, tout cela se trouve exprimé analytiquement, et ce problème est résolu complétement à l'aide des principes que nous exposons dans ce Mémoire. Mais notre méthode ne se borne pas à reproduire analytiquement des solutions déjà obtenues; elle s'applique à tout problème de la même nature. Ainsi, par exemple, étant donné un échiquier d'une forme quelconque, régulière ou irrégulière, composé d'un nombre n de cases, on pourra déterminer quel est le plus grand nombre de cases qu'un cavalier ou une autre pièce quelconque du jeu des échecs pourra parcourir sur cet échiquier sans revenir deux fois à la même case. Cette solution se généralise beaucoup, en l'étendant aux solides et à des mouvements finis quelconques; elle est un exemple de l'utilité de l'emploi des fonctions discontinues dans cette géométrie de situation qui a occupé souvent les géomètres, et qui semblait jusqu'ici tirer plus de secours de la sagacité individuelle de chacun, que des méthodes générales de l'analyse.

» En résumé, le Mémoire que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie a principalement pour objet de soumettre à l'analyse mathématique une classe très-étendue de problèmes qu'on ne résolvait jusqu'à présent que dans des cas particuliers, et principalement ces questions qu'on ne pouvait traiter que par des tentatives répétées et par une sorte de divination. Par notre méthode, chaque tentative inutile laisse une trace, et la marche de l'analyse suit ainsi celle de l'esprit dans ses investigations. Ces principes sont surtout utiles dans tous les problèmes *inverses*, qu'on ne résout habituellement que par des tentatives répétées et souvent infructueuses. Lorsque le nombre des tentatives est fini (ce qui arrive le plus souvent dans les fonctions entières), le problème se trouve ainsi résolu complétement, et l'on obtient la formule générale cherchée.

» Il ne serait pas impossible de se rendre compte de cette espèce de lien singulier qui, dans notre analyse, paraît exister entre les fonctions discontinues et les opérations de l'entendement. Lorsque l'esprit humain cherche la solution d'une question, il ne parcourt pas successivement tous les cas possibles, en passant d'un cas donné à un autre qui diffère infiniment peu de celui-là, car le nombre infini de combinaisons qui résulterait de ce moyen d'investigation rendrait impossible toute solution. L'esprit qui cherche et

qui tente, guidé par des lois qui nous sont inconnues, après avoir examiné la question sous un aspect donné, passe souvent à une autre tentative, qui ne paraît avoir avec la première aucune liaison apparente. Ces diverses opérations ne sont pour nous liées entre elles que par la mémoire, qui avertit l'entendement de ne pas répéter une tentative inutile qu'il aurait déjà faite. L'analyse mathématique, dans sa généralité, ne procède pas par tentatives : elle réussit ou elle s'arrête, et ces procédés de tâtonnement, que, dès la *division*, emploie l'arithmétique lui échappent dans les questions générales. C'est une telle lacune que nous nous sommes efforcé de combler. S'il nous était permis de nous exprimer ainsi, nous dirions que nous avons tâché de donner à l'analyse mathématique quelque chose qui ressemblât à la mémoire, afin qu'elle pût se guider dans des tentatives qu'il fallait renouveler sans cesse, et dont il était nécessaire de garder la trace et le souvenir.

» Nous prions les géomètres de ne pas repousser sans examen les idées que nous exposons ici, et auxquelles nous avons cru devoir joindre quelques rapprochements philosophiques. Bien que des rapprochements de ce genre n'accompagnent pas habituellement les Mémoires de mathématiques, nous avons pensé qu'au moment de réunir et de présenter en un corps de doctrine des recherches qui nous avaient occupé si longuement, il devait nous être permis d'exposer rapidement la suite de nos idées à cet égard, et de montrer quels étaient les principes qui nous avaient toujours dirigé. D'ailleurs ce n'est que dans cette introduction qu'on a pu trouver des idées de cette nature. La partie analytique, qui paraîtra dans les Mémoires de l'Académie, ne contiendra que des calculs et des formules analytiques. Dans ces formules, nous n'avons voulu admettre aucun signe nouveau, ni aucune opération qui ne fût élémentaire; car souvent ce qu'on appelle une formule générale n'est qu'une expression symbolique où la difficulté, cachée d'abord, se reproduit d'une autre manière. Afin que les méthodes que nous voulions employer ne pussent offrir aucune difficulté, nous avons commencé par exposer les premiers éléments de la question. Nous espérons que cette exposition simple et élémentaire de nos principes ne laissera aucun doute sur la généralité de nos formules et de nos solutions. »

A la suite de la lecture faite par M. *Libri*, M. **Augustin Cauchy** rappelle un Mémoire qu'il a présenté à l'Académie le 17 décembre 1824, et dont une partie avait pour objet la théorie des fonctions discontinues. Dans ce Mémoire, qui est revêtu de la signature du Secrétaire perpétuel, M. le baron Cuvier, et qui doit être prochainement imprimé dans

le *Recueil des Mémoires de l'Académie des Sciences*, l'auteur avait transformé en intégrales définies les fonctions discontinues qui s'évanouissent hors de certaines limites déterminées par des équations entre les variables indépendantes. Des intégrales définies du même genre avaient été appliquées par M. Cauchy, dans un autre Mémoire présenté à l'Académie le 26 mai 1824, à l'intégration de certaines équations aux dérivées partielles du second ordre et à coefficients variables. Au reste, M. Cauchy se propose de revenir sur ces objets, dans un prochain article, où il reproduira des extraits de ces divers Mémoires.

« En réponse aux observations de M. *Cauchy*, M. **Libri** se borne à faire remarquer que les recherches dont parle M. Cauchy n'ayant pas été imprimées, elles n'ont pas pu être citées par M. Libri, qui n'en avait jamais eu connaissance. Les premières recherches de M. Libri sur les formules générales, dont il s'est occupé de nouveau aujourd'hui, ont été lues à l'Académie des Sciences de Turin, dans la séance du 14 juillet 1822, et ont paru à Turin en 1823. Un Mémoire de M. Libri, sur les fonctions discontinues, a été imprimé à Pise en 1827. M. Libri croit devoir ajouter que les recherches dont parle M. Cauchy ne paraissent avoir aucun rapport avec celles que M. Libri a faites à différentes époques pour appliquer les fonctions discontinues aux fonctions entières. »

ANALYSE. — *Note sur une formule qui sert à développer, suivant les puissances entières d'un accroissement attribué au cosinus d'un arc, les accroissements correspondants que prennent les cosinus des multiples de cet arc; par* M. **Augustin Cauchy**.

« La formule connue qui transforme le cosinus d'un multiple d'un arc en une fonction entière du cosinus de cet arc, fournit évidemment le moyen de développer suivant les puissances ascendantes d'un accroissement attribué à ce dernier cosinus, l'accroissement correspondant du cosinus de l'arc multiple. Mais, dans le développement ainsi obtenu, chaque puissance de l'accroissement attribué au cosinus de l'arc simple se trouve multipliée par une fonction entière de ce même cosinus; et, dans l'intérêt de l'Astronomie, il convenait de substituer à cette fonction entière une fonction linéaire des cosinus des arcs multiples. J'y suis heureusement parvenu, à l'aide d'un procédé que je vais indiquer dans cette Note, et qui fournit, sous une forme très-simple, le développement cherché.

» Soient ϖ un arc réel, et k un nombre entier. On aura, en vertu d'une formule connue (voir l'*Analyse algébrique*, p. 234 et 235),

$$(1)\qquad \cos k\varpi =$$
$$2^{k-1}\left[\cos^k\varpi - \frac{k}{4}\cos^{k-2}\varpi + \frac{k}{4^2}\frac{k-3}{2}\cos^{k-4}\varpi - \frac{k}{4^3}\frac{(k-4)(k-5)}{2.3}\cos^{k-6}\varpi + \ldots\right].$$

Supposons maintenant que l'arc ϖ acquière une valeur nouvelle représentée par p, ou, ce qui revient au même, un accroissement représenté par $p-\varpi$. Les accroissements correspondants des cosinus

$$\cos\varpi,\quad \cos k\varpi$$

seront

$$\cos p - \cos\varpi,\quad \cos kp - \cos k\varpi;$$

et, si l'on nomme α le premier de ces accroissements, ou, en d'autres termes, si l'on pose

$$(2)\qquad \cos p = \cos\varpi + \alpha,$$

alors, pour obtenir la valeur de $\cos kp$, et par suite la valeur de l'accroissement

$$\cos kp - \cos k\varpi,$$

il suffira de recourir aux formules (1) et (2), desquelles on tirera

$$(3)\qquad \cos kp =$$
$$2^{k-1}\left[(\cos\varpi+\alpha)^k - \frac{k}{4}(\cos\varpi+\alpha)^{k-2} + \frac{k}{4^2}\frac{k-3}{2}(\cos\varpi+\alpha)^{k-4} - \text{etc}\ldots\right].$$

On pourrait aisément développer le second membre de la formule (3) suivant les puissances ascendantes de α. Mais alors chacune de ces puissances se trouverait multipliée par une fonction entière de $\cos\varpi$; et dans l'intérêt de l'Astronomie, il convient de substituer à cette fonction entière une fonction linéaire de

$$\cos\varpi,\quad \cos 2\varpi,\quad \cos 3\varpi,\quad \text{etc.}$$

On y parviendra en opérant comme il suit.

» Posons

$$(4)\qquad e^{p\sqrt{-1}} = s,\quad e^{\varpi\sqrt{-1}} = \varsigma.$$

L'équation (2) donnera

$$s + \frac{1}{s} = \varsigma + \frac{1}{\varsigma} + 2\alpha,$$

par conséquent

(5) $$s = \varsigma + 2\alpha \frac{s}{s - \frac{1}{s}};$$

et l'on aura

(6) $$\cos kp = \frac{1}{2}(s^k + s^{-k}).$$

D'ailleurs, si, en supposant la valeur de s déterminée par l'équation (5), on développe s^k suivant les puissances ascendantes de 2α, le coefficient du rapport

$$\frac{(2\alpha)^n}{1.2\ldots n},$$

dans ce développement, sera, d'après le théorème de Lagrange, et pour $n > 0$, la valeur de l'expression

$$D_s^{n-1}\left[k s^{k-1}\left(\frac{s}{s - s^{-1}}\right)^n\right] = k\,D_s^{n-1}\frac{s^{k+n-1}}{(s - s^{-1})^n},$$

correspondante à $s = \varsigma$, ou, ce qui revient au même, la valeur du produit

(7) $$k\varsigma^{k-n} D_{\text{s}}^{n-1}\frac{\text{s}^{k+n-1}}{\text{s} - (\varsigma^{-2})^n}$$

correspondante à la valeur 1 d'une nouvelle variable s liée à s par la formule

$$s = \varsigma\text{s}.$$

Donc, puisque $\cos kp$ représente la partie réelle de l'expression imaginaire

$$s^k = e^{kp\sqrt{-1}} = \cos kp + \sqrt{-1}\sin kp,$$

le coefficient du rapport

$$\frac{(2\alpha)^n}{1.2\ldots n},$$

dans le développement de $\cos kp$, sera, pour des valeurs positives de n, la partie réelle de l'expression (7), c'est-à-dire la moitié de la somme qu'on obtient quand on ajoute à cette expression celle qu'on en déduit, en

y remplaçant

$$\varsigma = e^{\varpi\sqrt{-1}} \quad \text{par} \quad \varsigma^{-1} = e^{-\varpi\sqrt{-1}}.$$

Donc, si l'on pose

$$(8) \quad \cos kp = K_0 + K_1(2\alpha) + K_2(2\alpha)^2 + \ldots + K_k(2\alpha)^k,$$

on aura non-seulement

$$K_0 = \cos k\varpi,$$

mais aussi, pour des valeurs positives de n,

$$K_n = \frac{\frac{1}{2}k}{1.2.3\ldots n}\,\mathrm{D}_ɤ^{n-1}\left\{\left[\frac{\varsigma^{k-n}}{(ɤ-\varsigma^{-2})^n} + \frac{\varsigma^{-k+n}}{(ɤ-\varsigma^2)^n}\right]ɤ^{k-n+1}\right\},$$

ou, ce qui revient au même,

$$(9) \quad K_n = \frac{(-1)^{n-1}\frac{k}{2n}}{[1.2\ldots(n-1)]^2}\,\mathrm{D}_ɤ^{n-1}\left[ɤ^{k-n+1}\,\mathrm{D}_ɤ^{n-1}\left(\frac{\varsigma^{k-n}}{ɤ-\varsigma^{-2}} + \frac{\varsigma^{-k+n}}{ɤ-\varsigma^2}\right)\right],$$

$ɤ$ devant être réduit à l'unité après les différentiations. Concevons maintenant que l'on développe chacun des rapports

$$\frac{1}{ɤ-\varsigma^{-2}}, \quad \frac{1}{ɤ-\varsigma^2}$$

en progression géométrique. On trouvera, en désignant par l un nombre entier quelconque,

$$(10)\left\{\begin{aligned}\frac{1}{ɤ-\varsigma^{-2}} &= ɤ^{-1} + \varsigma^{-2}ɤ^{-2} + \varsigma^{-4}ɤ^{-3} + \ldots + \varsigma^{-2l+2}ɤ^{-l} + \frac{\varsigma^{-2l}ɤ^{-l}}{ɤ-\varsigma^{-2}},\\ \frac{1}{ɤ-\varsigma^2} &= ɤ^{-1} + \varsigma^2ɤ^{-2} + \varsigma^4ɤ^{-4} + \ldots + \varsigma^{2l-2}ɤ^{-l} + \frac{\varsigma^{2l}ɤ^{-l}}{ɤ-\varsigma^2},\end{aligned}\right.$$

puis en posant, pour abréger,

$$[k]_l = \frac{k(k+1)\ldots(k+l-1)}{1.2\ldots l},$$

et ayant égard à la formule

$$\frac{1}{2}(\varsigma^k + \varsigma^{-k}) = \cos k\varpi,$$

on tirera immédiatement de l'équation (9), jointe aux formules (10),

$$(11)\quad K_n = \frac{k}{n}\left\{\begin{array}{l}[1]_{n-1}[k-n+1]_{n-1}\cos(k-n)\varpi + [2]_{n-1}[k-n]_{n-1}\cos(k-n-2)\varpi + \ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots + [l]_{n-1}[k-n-l+2]_{n-1}\cos(k-n-2l+2)\varpi\end{array}\right\} + L_n,$$

la valeur de L_n étant

$$(12)\quad L_n = \frac{(-1)^{n-1}\frac{k}{2n}}{[1.2..(n-1)]^2}\,D_s^{n-1}\left\{s^{k-n+1}D_s^{n-1}\left[\left(\frac{\varsigma^{k-n-2l}}{s-\varsigma^{-2}}+\frac{\varsigma^{-k+n+2l}}{s-\varsigma^2}\right)s^{-l}\right]\right\},$$

et s devant toujours être réduit à l'unité après les différentiations. D'ailleurs, l'équation (8) devant s'accorder avec l'équation (3), la valeur de K_n, et par suite la valeur de L_n, tirée de la formule (11), devront être des fonctions entières de

$$\cos\varpi = \varsigma + \frac{1}{\varsigma}.$$

Donc la valeur de L_n qui, en vertu de la formule (12), sera une fonction rationnelle de ς, devra ou devenir infinie avec $\frac{1}{\varsigma}$ pour une valeur nulle de ς, ou se réduire à une constante; et, pour que cette réduction ait lieu, il suffira de choisir le nombre l de telle sorte que, pour $\varsigma = 0$, L_n conserve une valeur finie. Cette condition sera évidemment remplie, si chacun des rapports

$$(13)\qquad \frac{\varsigma^{k-n-2l}}{s-\varsigma^{-2}},\quad \frac{\varsigma^{-k+n+2l}}{s-\varsigma^2}$$

conserve lui-même une valeur finie pour $\varsigma = 0$. Or, pour une valeur nulle de ς, le premier des rapports (13) conservera une valeur finie, si l'on a

$$k - n - 2l > -2,$$

et le second, si l'on a

$$k - n - 2l < 0.$$

Donc la condition énoncée sera remplie si l'exposant

$$k - n - 2l$$

se réduit à l'une des quantités

$$0,\ -1,\ -2;$$

par exemple, si, $k-n$ étant impair, on suppose

$$(14)\qquad k-n-2l=-1;$$

ou si, $k-n$ étant pair, on suppose

$$(15)\qquad k-n-2l=-2.$$

Or, en admettant l'une de ces deux suppositions, et réduisant alors ς à zéro dans la formule (12), on tire de cette formule, 1° pour une valeur impaire de $k-n$,

$$(16)\qquad L_n=0;$$

2° pour une valeur paire de $k-n$.

$$(17)\quad L_n=\frac{(-1)^{n+1}\frac{k}{2n}}{[1.2\ldots(n-1)]^2}\mathrm{D}_z^{\,n-1}\left(z^{k-n+1}\mathrm{D}_z^{\,n-1}z^{-l-1}\right)=\frac{1}{2}\frac{k}{n}[l+1]_{n-1}[k-n-l+1]_{n-1}.$$

Donc, en substituant à l et à L_n leurs valeurs tirées des formules (14) et (16), ou (15) et (17), on tirera de la formule (11), 1° pour une valeur impaire de $k-n$,

$$(18)\qquad K_n=\frac{k}{n}\left\{\begin{array}{l}[1]_{n-1}[k-n+1]_{n-1}\cos(k-n)\varpi+[2]_{n-1}[k-n]_{n-1}\cos(k-n-2)\varpi\\ +[3]_{n-1}[k-n-1]_{n-1}\cos(k-n-4)\varpi+\ldots+\left[\frac{k-n+1}{2}\right]_{n-1}\left[\frac{k-n+3}{2}\right]_{n-1}\cos\varpi\end{array}\right\};$$

2° pour une valeur paire de $k-n$,

$$(19)\qquad K_n=\frac{k}{n}\left\{\begin{array}{l}[1]_{n-1}[k-n+1]_{n-1}\cos(k-n)\varpi+[2]_{n-1}[k-n]_{n-1}\cos(k-n-2)\varpi\\ +[3]_{n-1}[k-n-1]_{n-1}\cos(k-n-4)\varpi+\ldots+\frac{1}{2}\left[\frac{k-n+2}{2}\right]_{n-1}\left[\frac{k-n+2}{2}\right]_{n-1}\end{array}\right\}.$$

Il est bon d'observer que les formules (18), (19) sont l'une et l'autre com-

prises dans la formule

$$(20)\quad K_n = \frac{k}{n} e^{-(k-n)\varpi\sqrt{-1}} \sum_{l=0}^{l=k-n} [l+1]_{n-1} [k-n-l+1]_{n-1} e^{2l\varpi\sqrt{-1}},$$

que l'on pourrait remplacer par la suivante

$$(21)\quad K_n = \frac{k}{n} \sum_{l=-(k-n)}^{l=k-n} \left[\frac{k-n-l+2}{2}\right]_{n-1} \left[\frac{k-n+l+2}{2}\right]_{n-1} e^{l\varpi\sqrt{-1}},$$

en supposant dans cette dernière le signe Σ étendu aux seules valeurs paires de l, lorsque $k-l$ serait pair, et aux seules valeurs impaires de l, lorsque $k-l$ serait impair.

» Si, dans la formule (18) ou (19), on attribue successivement à k les valeurs entières

$$1,\ 2,\ 3,\ 4, \ldots,$$

on tirera de ces formules jointes à l'équation (8), 1° pour des valeurs impaires de k,

$$(22)\quad \left\{\begin{aligned} &\cos kp = \cos k\varpi + k\left[\cos(k-1)\varpi + \cos(k-3)\varpi + \ldots + \cos 2\varpi + \frac{1}{2}\right](2\alpha) \\ &+ \frac{k}{2}\left[(k-1)\cos(k-2)\varpi + 2(k-2)\cos(k-4)\varpi + \ldots + \left(\frac{k+1}{2}\right)\left(\frac{k+3}{2}\right)\cos\varpi\right](2\alpha)^2 \\ &+ \frac{k}{3}\left[\frac{k-2}{1}\frac{k-1}{2}\cos(k-3)\varpi + \frac{2.3}{1.2}\frac{k-3}{1}\frac{k-2}{2}\cos(k-5)\varpi + \ldots + \frac{1}{2}\left(\frac{k-1}{2}\frac{k+1}{4}\right)^2\right](2\alpha)^3 \\ &+ \text{etc.}\ldots \end{aligned}\right.$$

2°. pour des valeurs paires de k,

$$(23)\quad \left\{\begin{aligned} &\cos kp = \cos k\varpi + k\left[\cos(k-1)\varpi + \cos(k-3)\varpi + \ldots + \cos 3\varpi + \cos\varpi\right](2\alpha) \\ &+ \frac{k}{2}\left[(k-1)\cos(k-2)\varpi + 2(k-2)\cos(k-4)\pi + \ldots + \frac{1}{2}\left(\frac{k}{2}\right)^2\right](2\alpha)^2 \\ &+ \frac{k}{3}\left[\frac{k-2}{1}\frac{k-1}{2}\cos(k-3)\varpi + \frac{2.3}{1.2}\frac{k-2}{1}\frac{k-3}{2}\cos(k-5)\varpi + \ldots + \frac{k}{2}\frac{k+2}{4}\frac{k+2}{2}\frac{k+4}{4}\right](2\alpha)^3 \\ &+ \text{etc.}\ldots \end{aligned}\right.$$

Ainsi, en particulier, on trouvera

$$\cos p = \cos\varpi + \alpha,$$
$$\cos 2p = \cos 2\varpi + 2\alpha\cos\varpi + 2\alpha^2,$$
$$\cos 3p = \cos 3\varpi + 3\alpha(1 + 2\cos 2\varpi) + 12\alpha^2\cos\varpi + 4\alpha^3,$$
$$\cos 4p = \cos 4\varpi + 8\alpha(\cos\varpi + \cos 3\varpi) + 8\alpha^2(2 + 3\cos 2\varpi) + 32\alpha^3\cos\varpi + 8\alpha^4,$$

etc...

» Dans un autre article je montrerai les avantages que l'on peut retirer de ces diverses formules appliquées à l'Astronomie. »

THÉORIE DE LA LUMIÈRE. — *Note sur le calcul des phénomènes que présente la lumière refléchie ou réfractée par la surface d'un corps transparent ou opaque.*

« Les *Comptes rendus* des séances de l'Académie des Sciences, pendant le premier semestre de l'année 1836, renferment diverses lettres que j'ai adressées de Prague à plusieurs membres de cette Académie, et qui sont relatives à la réflexion ou à la réfraction de la lumière par la surface extérieure ou intérieure des corps transparents ou opaques. De plus, dans la 7e livraison des nouveaux *Exercices de Mathématiques*, reçue par l'Académie des Sciences en août 1836, et mentionnée dans le *Bulletin bibliographique* du 16 août (tome III des *Comptes rendus*, page 179), j'ai dit positivement que les lois de cette réflexion et de cette réfraction se déduisaient des formules générales données au bas de la page 203 de cette même livraison. Je viens aujourd'hui justifier cette assertion, qui se trouve reproduite, avec les formules dont il s'agit, dans le *Compte rendu* de la séance du 17 juin 1839 (*voir* les observations relatives à une lettre de M. Mac-Cullagh, page 970), et prouver que de ces formules on peut tirer en effet les conclusions énoncées dans mes diverses lettres de mars et d'avril 1836. Pour simplifier les calculs, j'ai eu recours à la considération des variables imaginaires, que j'ai substituées aux déplacements moléculaires dans le Mémoire lithographié d'août 1836, c'est-à-dire, en d'autres termes, à la considération de ce que j'ai nommé, dans mes nouveaux Mémoires, les *déplacements symboliques des molécules*.

ANALYSE.

§ I. *Équations d'un mouvement simple de l'éther.*

» Considérons un mouvement simple de l'éther renfermé dans un milieu dont la constitution reste partout la même, et soient, au bout du temps t,

ξ, η, ζ les déplacements rectangulaires infiniment petits, mais effectifs, de la molécule dont les coordonnées rectangulaires étaient représentées à l'origine du mouvement par x, y, z.

» Soient encore

$\overline{\xi}$, $\overline{\eta}$, $\overline{\zeta}$ les déplacements symboliques de la même molécule, c'est-à-dire, des variables imaginaires dont ξ, η, ζ représentent les parties réelles. Ces déplacements symboliques seront de la forme

$$(1) \quad \begin{cases} \overline{\xi} = \overline{\mathrm{A}} e^{(ux+vy+wz-st)\sqrt{-1}}, \quad \overline{\eta} = \overline{\mathrm{B}} e^{(ux+vy+wz-st)\sqrt{-1}}, \\ \overline{\zeta} = \overline{\mathrm{C}} e^{(ux+vy+wz-st)\sqrt{-1}}; \end{cases}$$

$u, v, w, s, \overline{\mathrm{A}}, \overline{\mathrm{B}}, \overline{\mathrm{C}}$ désignant des constantes réelles ou imaginaires. Si la constante s devient réelle, le mouvement simple sera persistant, et alors la valeur de s, ou la durée

$$\mathrm{T} = \frac{2\pi}{s}$$

des vibrations moléculaires, déterminera, dans la théorie de la lumière, la nature de la couleur. Si la propagation de la lumière s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois, ou, en d'autres termes, si le milieu donné est isophane, la valeur de k, déterminée par la formule

$$(2) \qquad k^2 = u^2 + v^2 + w^2,$$

sera liée à s par une certaine équation; en sorte que s étant connu, k le sera pareillement; et de plus les coefficients $\overline{\mathrm{A}}$, $\overline{\mathrm{B}}$, $\overline{\mathrm{C}}$ vérifieront la condition

$$(3) \qquad u\overline{\mathrm{A}} + v\overline{\mathrm{B}} + w\overline{\mathrm{C}} = 0$$

(*voir* les pages 56 et 88 du Mémoire lithographié sous la date d'août 1836). Enfin, si l'on dispose de la direction des axes coordonnés, ce qui est toujours possible, de manière que l'on ait

$$(4) \qquad w = 0,$$

les formules (2), (3) donneront

$$(5) \qquad k^2 = u^2 + v^2,$$

$$(6) \qquad u\overline{\mathrm{A}} + v\overline{\mathrm{B}} = 0,$$

et l'on vérifiera l'équation (4) en posant

$$\bar{A} = \frac{v}{k}\bar{H}, \quad \bar{B} = -\frac{u}{k}\bar{H},$$

$\bar{H}$ désignant une constante réelle ou imaginaire. Alors aussi les équations (1) pourront être remplacées par quatre équations de la forme

$$(7)\qquad \bar{\xi} = \frac{v}{k}\bar{8}, \quad \bar{\eta} = -\frac{u}{k}\bar{8},$$

$$(8)\qquad \bar{8} = \bar{K}e^{(ux+vy-st)\sqrt{-1}}, \quad \bar{\zeta} = \bar{C}e^{(ux+vy-st)\sqrt{-1}},$$

$\bar{8}$ désignant une nouvelle variable imaginaire.

» Lorsque le milieu donné devient transparent, k est une quantité réelle que l'on peut supposer déterminée par l'équation

$$(9)\qquad k = (u^2 + v^2 + w^2)^{\frac{1}{2}},$$

et par conséquent positive. Alors aussi u, v, w seront réels, si le mouvement simple se propage dans le milieu donné sans s'affaiblir. Dans ce cas, la longueur

$$l = \frac{2\varpi}{k}$$

sera l'épaisseur d'une onde lumineuse, ou la longueur d'une ondulation; et les rapports

$$\frac{u}{k}, \quad \frac{v}{k}, \quad \frac{w}{k}$$

représenteront les cosinus des angles que formera la perpendiculaire au plan d'une onde avec les demi-axes des coordonnées positives. Donc alors, quand la condition (4) sera remplie, les plans des ondes seront parallèles à l'axe des z; et si d'ailleurs on a choisi les demi-axes des coordonnées positives, de manière que les coefficients u, v soient positifs, on aura

$$(10)\qquad \frac{u}{k} = \cos\tau, \quad \frac{v}{k} = \sin\tau,$$

τ désignant l'angle formé par la perpendiculaire au plan d'une onde avec

le demi-axe des x positives. De plus, si, dans cette hypothèse, on nomme ȣ la partie réelle de la variable imaginaire $\bar{ȣ}$, les formules (7) entraîneront les suivantes

$$(11) \qquad \xi = \frac{v}{k} ȣ, \quad \eta = -\frac{u}{k} ȣ,$$

que l'on pourra réduire à

$$(12) \qquad \xi = ȣ \cos \tau, \quad \eta = - ȣ \sin \tau.$$

Or il est clair qu'en vertu des formules (12), ȣ représentera le déplacement d'une molécule d'éther mesuré parallèlement au plan des x, y, et pris avec le signe $+$ ou avec le signe $-$, suivant que la molécule se trouvera transportée du côté des x positives ou du côté des x négatives. Cela posé, si, dans le mouvement simple que l'on considère, chaque rayon lumineux est regardé comme formé par la superposition de deux autres, dont le premier soit renfermé dans le plan des x, y, et dont le second offre des vibrations perpendiculaires à ce même plan, les déplacements effectifs ou symboliques des molécules se trouveront évidemment représentés, dans le premier des deux rayons composants, par les variables ȣ, $\bar{ȣ}$; dans le second, par les variables ζ, $\bar{\zeta}$.

§ II. *Rayons réfléchis ou réfractés par la surface de séparation de deux milieux isophanes.*

» Si l'on adopte comme conditions relatives à la surface de séparation, celles que j'ai données dans la 7e livraison des *Nouveaux Exercices de Mathématiques*, page 203; la dilatation linéaire de l'éther, mesurée perpendiculairement à cette surface, conservera la même valeur dans le passage du premier milieu au second, et l'on pourra en dire autant des trois fonctions différentielles alternées

$$D_z \eta - D_y \zeta, \quad D_x \zeta - D_z \xi, \quad D_y \xi - D_x \eta,$$

ξ, η, ζ désignant les déplacements rectangulaires d'une molécule d'éther dont les coordonnées initiales étaient x, y, z. Supposons, pour fixer les idées, que, les deux milieux étant séparés l'un de l'autre par le plan des y, z,

l'axe des z soit parallèle au plan des ondes lumineuses, et par conséquent perpendiculaire au plan d'incidence. Si l'on nomme

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\quad \text{et}\quad \xi',\ \eta',\ \zeta'.$$

les déplacements des molécules mesurés dans le premier et dans le second milieu, ces déplacements seront indépendants de la coordonnée z, et l'on aura, pour $x = 0$,

$$(1)\qquad \begin{cases} D_x\xi = D_x\xi', & D_y\xi - D_x\eta = D_y\xi' - D_x\eta', \\ D_x\zeta = D_x\zeta', & D_y\zeta = D_y\zeta'. \end{cases}$$

Concevons maintenant que, pour plus de commodité, on décompose chaque déplacement, mesuré dans le premier milieu, en deux autres, dont le premier soit relatif au rayon incident, le second au rayon réfléchi. Soient alors

$$\xi,\ \eta,\ \zeta$$

les déplacements d'une molécule, mesurés dans le rayon incident, et $\xi_{,}$, $\eta_{,}$, $\zeta_{,}$ les déplacements mesurés dans le rayon réfléchi. On devra, dans les formules (1), remplacer les trois lettres

$$\xi,\ \eta,\ \zeta$$

par les trois sommes

$$\xi + \xi_{,},\quad \eta + \eta_{,},\quad \zeta + \zeta_{,}.$$

Donc, à la place des formules (1), on obtiendra les suivantes :

$$(2)\begin{cases} D_x(\xi+\xi_{,}) = D_x\xi', & D_y(\xi+\xi_{,}) - D_x(\eta+\eta_{,}) = D_y\xi' - D_x\eta', \\ D_x(\zeta+\zeta_{,}) = D_x\zeta', & D_y(\zeta+\zeta_{,}) = D_y\zeta'. \end{cases}$$

Soient maintenant

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\quad \overline{\xi_{,}},\ \overline{\eta_{,}},\ \overline{\zeta_{,}},\quad \overline{\xi'},\ \overline{\eta'},\ \overline{\zeta'},$$

les déplacements symboliques correspondants aux déplacements effectifs

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\quad \xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},\quad \xi',\ \eta',\ \zeta',$$

on pourra supposer ces déplacements symboliques assujettis à vérifier, pour $x = 0$, des conditions semblables aux formules (2), savoir :

$$(3)\left\{\begin{array}{ll} D_x(\bar{\xi}+\bar{\xi}_{,}) = D_x\bar{\xi}', & D_y(\bar{\xi}+\bar{\xi}_{,}) - D_x(\bar{\eta}+\bar{\eta}_{,}) = D_y\bar{\xi}' - D_x\bar{\eta}', \\ D_x(\bar{\zeta}+\bar{\zeta}_{,}) = D_x\bar{\zeta}', & D_y(\bar{\zeta}+\bar{\zeta}_{,}) = D_y\zeta'. \end{array}\right.$$

D'autre part, les déplacements symboliques

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},$$

seront liés à x, y, z, t par les formules (7), (8) du § I[er], c'est-à-dire par des équations de la forme

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{l} \bar{\xi} = \frac{v}{k}\bar{\text{8}}, \qquad \bar{\eta} = -\frac{u}{k}\bar{\text{8}}, \\ \bar{\text{8}} = \bar{H}\, e^{(ux+vy-st)\sqrt{-1}};\ \bar{\zeta} = \bar{C}\, e^{(ux+vy-st)\sqrt{-1}}; \end{array}\right.$$

et si l'on nomme

$$s_{,},\ u_{,},\ v_{,},\ w_{,},\ k_{,},\ \bar{H}_{,},\ \bar{C}_{,} \quad \text{ou} \quad s',\ u',\ v',\ w',\ \bar{H}',\ \bar{C}',$$

ce que deviennent

$$s, u, v, w, k, \bar{H}, \bar{C},$$

quand on passe du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, chacune des formules (4) continuera de subsister, quand on y affectera d'un accent inférieur ou supérieur toutes les lettres autres que x, y, z, t. Cela posé, chacune des conditions (3) se réduisant à une équation de la forme

$$\gamma e^{(vy-st)\sqrt{-1}} + \gamma e^{(v_{,}y-s_{,}t)\sqrt{-1}} = \gamma' e^{(v'-s't)\sqrt{-1}},$$

dans lesquelles $\gamma, \gamma_{,}, \gamma'$ représenteront trois quantités constantes, entraînera immédiatement, en vertu d'un théorème établi dans les *Exercices d'Analyse et de Physique mathématique* (5[e] et 6[e] livraison, page 158), les deux conditions

$$(5)\qquad v = v_{,} = v', \quad s = s_{,} = s';$$

et, comme la formule

$$s_{,} = s$$

entraînera encore celle-ci

$$k_{,} = k,$$

les trois équations analogues à la formule (1) du § Ier, savoir,

$$(6) \qquad u^2 + v^2 = k^2, \quad u_{,}^2 + v_{,}^2 = k_{,}^2, \quad u'^2 + v'^2 = k'^2,$$

deviendront

$$(7) \qquad u^2 + v^2 = k^2, \quad u_{,}^2 + v^2 = k^2, \quad u'^2 + v^2 = k'^2.$$

On aura donc par suite

$$u_{,}^2 = k^2 - v^2 = u^2,$$

puis on en conclura

$$(8) \qquad u_{,} = - u,$$

$u_{,}$ ne pouvant se réduire à u. Donc, en passant du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, on obtiendra, au lieu des formules (4), les suivantes

$$(9) \quad \left\{ \begin{array}{l} \bar{\xi}_{,} = \frac{v}{k}\,\bar{\upsilon}_{,}, \quad \bar{\eta}_{,} = -\frac{u}{k}\,\bar{\upsilon}_{,}, \\ \bar{\upsilon}_{,} = \bar{H}_{,}\, e^{(-ux+vy-st)\sqrt{-1}}, \quad \bar{\zeta}_{,} = \bar{C}_{,}\, e^{(-ux+vy-st)\sqrt{-1}}, \end{array} \right.$$

$$(10) \quad \left\{ \begin{array}{l} \bar{\xi}' = \frac{v}{k'}\,\bar{\upsilon}', \quad \bar{\eta}' = -\frac{u}{k'}\,\bar{\upsilon}', \\ \bar{\upsilon}' = \bar{H}'\, e^{(u'x+vy-st)\sqrt{-1}}, \quad \bar{\zeta}' = \bar{C}'\, e^{(u'x+vy-st)\sqrt{-1}}. \end{array} \right.$$

Or, eu égard aux formules (4), (9), (10), les conditions (3) donneront

$$(11) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{u}{k}\,(\bar{H} - \bar{H}_{,}) = \frac{u'}{k'}\,\bar{H}', \quad k\,(\bar{H} + \bar{H}_{,}) = k'\,\bar{H}', \\ u\,(\bar{C} - \bar{C}_{,}) = u'\,\bar{C}', \quad \bar{C} + \bar{C}_{,} = \bar{C}'. \end{array} \right.$$

Si, dans les formules (11), on pose, pour plus de commodité,

$$\bar{H}_{,} = \bar{I}\,\bar{H}, \quad \bar{C}_{,} = \bar{J}\,\bar{C}, \quad \bar{H}' = \bar{I}'\,\bar{H}, \quad \bar{C} = \bar{J}'\,\bar{C},$$

on trouvera simplement

$$\frac{u}{k}(1-\bar{I}) = \frac{u'}{k'}\bar{I}', \quad k(1+\bar{I}) = k'\bar{I}',$$
$$u(1-\bar{J}) = u'J', \quad 1+\bar{J} = \bar{J}';$$

et par suite

$$(12) \quad \left\{ \begin{aligned} \bar{I} &= \frac{k'^2 u - k^2 u'}{k'^2 u + k^2 u'}, & \bar{I}' &= \frac{2kk'u}{k'^2 u + k^2 u'}, \\ \bar{J} &= \frac{u' - u}{u' + u}, & J' &= \frac{2u'}{u' + u}. \end{aligned} \right.$$

Ces dernières formules comprennent effectivement celles que nous avons données dans les *Comptes rendus* de 1836 et de 1839 comme propres à représenter les lois de la réflexion et de la réfraction produites par la surface extérieure ou intérieure d'un corps transparent ou opaque. C'est, au reste, ce que nous expliquerons plus en détail dans un nouvel article. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Extrait d'une Lettre de* M. **Liouville** *à* M. Arago.

« La démonstration que M. Maurice vient de donner du théorème sur l'invariabilité des grands axes des planètes ne me semble point exacte, même en négligeant les termes du troisième ordre par rapport aux masses. L'analyse de l'auteur est, je crois, fautive en plusieurs points. Par exemple, après avoir intégré l'équation qui fournit la différentielle du grand axe, et avoir (*Compte rendu*, t. XV, page 335) introduit par cette integration une constante l, M. Maurice prétend que cette constante est une variable exprimant un des éléments elliptiques dont la valeur change sans cesse sous l'influence des forces perturbatrices. C'est là une pure illusion amenée par l'emploi d'une expression figurée. Quand on veut, en effet, conserver pour le mouvement troublé d'une planète les mêmes formules qui d'abord ne s'appliquaient qu'au mouvement elliptique, on doit naturellement changer la signification des lettres entrant dans ces formules. Certaines lettres qui, dans l'hypothèse du mouvement elliptique, représentaient des constantes, se trouvent dans le mouvement troublé représenter des variables. En ce sens on peut dire que dans le passage du mouvement elliptique au mouvement troublé les constantes primitives sont devenues variables. Mais au fond ces quantités ne sont que des

inconnues nouvelles substituées aux inconnues ordinaires, c'est-à-dire aux coordonnées et aux composantes des vitesses; elles dépendent, comme celles-ci, d'équations différentielles dont les intégrales ne peuvent manquer de renfermer de *véritables constantes* arbitraires. Traiter ces dernières comme variables dans le calcul même où l'on vient de les introduire comme constantes est complétement inadmissible. Or c'est là ce que fait M. Maurice. Il intègre une équation différentielle, et ajoute par suite au second membre une constante; puis, *sans que le problème ait changé de nature,* il dit que cette constante est une variable : voilà donc une quantité qui, dans un même problème, dans un même calcul, sous un même point de vue, serait à la fois constante et variable : la contradiction est évidente. Il y aurait au surplus beaucoup d'autres observations tout aussi graves à présenter sur divers passages du Mémoire de M. Maurice, mais cela entraînerait de longs développements et une discussion minutieuse à laquelle je ne pense pas qu'il soit maintenant utile de se livrer. »

RAPPORTS.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. **Pallas**, *relatif à l'influence de la fructification sur les phénomènes nutritifs de certains végétaux.*

(Commissaires, MM. Boussingault, Regnault, Payen, Biot rapporteur.)

« L'Académie a chargé MM. Boussingault, Regnault, Payen et moi, d'examiner un Mémoire qui lui a été adressé par M. Pallas, médecin en chef de l'hôpital militaire de Saint-Omer, et qui a pour titre : *Sur l'influence de la fructification dans les phénomènes nutritifs de certains végétaux.* L'absence prolongée de M. Boussingault ne nous permettant pas d'espérer son prochain retour, et la nature du sujet exigeant que notre Rapport soit fait dans cette saison, nous avons cru devoir ne pas tarder davantage à vous le soumettre; d'autant que les conclusions en sont telles, qu'elles n'entraînent aucune espèce de responsabilité, parce que le Mémoire n'offre malheureusement aucun élément positif de discussion.

» Malgré la généralité du titre, ce Mémoire a pour objet spécial, et presque unique, la végétation du maïs. M. le docteur Pallas s'est beaucoup occupé de cette plante. Dans un premier Mémoire, adressé à l'Académie en 1834, il annonçait en avoir retiré de petites quantités de sucre

tout à fait pareil à celui de l'*Arundo saccharifera*, et il exprimait l'espoir que l'exploitation de ce produit pourrait devenir avantageuse. L'Académie l'ayant invité à continuer ces essais avec tous les soins que l'importance du sujet paraissait mériter, M. Pallas envoya l'année suivante un nouveau Mémoire accompagné de quelques échantillons de sucre retirés du maïs. Ces échantillons furent examinés par une Commission, qui constata leur identité avec le sucre de cannes. Le Mémoire lui-même fut l'objet d'un Rapport rédigé avec beaucoup de soin, de réserve et de prudence, par feu notre confrère M. Robiquet (1). Les résultats que M. Pallas disait avoir obtenus y sont d'abord résumés dans les cinq propositions suivantes :

» 1°. La tige du maïs ne contient, avant la floraison, que peu ou point de sucre;

» 2°. A l'époque de la floraison, on peut déjà extraire de cette plante des traces de sucre cristallisé;

» 3°. Cette même tige, exploitée de vingt à vingt-cinq jours après la floraison, et lorsque le grain est encore lactescent, renferme près de 1 p. 100 de sucre cristallisable;

» 4°. Plus tard encore, c'est-à-dire lorsque le grain est complétement mûr, et n'a plus besoin que de sécher pour être récolté, la tige, qui est encore verdâtre à cette époque, fournit 2 pour 100 de sucre brut, outre 4 pour 100 de mélasse riche et de très-bon goût;

» 5°. Enfin le résidu parenchymateux dont on a extrait la matière sucrée, peut être employé à la nourriture des bestiaux, ou servir à la fabrication d'un papier d'emballage dont le prix peut être évalué à 5 fr. les 50 kilogrammes.

» Abandonnant la dernière proposition, qui est moins scientifique qu'industrielle, le rapporteur s'attacha aux quatre premières; et comme il ne trouvait, dans le Mémoire de M. Pallas, aucun détail précis d'expériences, ni aucune indication de mesures qui pussent être discutées, il opposa aux résultats qu'il annonçait, des assertions toutes contraires, émises par le professeur Burger, lequel, d'après ses expériences personnelles, affirme que le sucre existe avec le plus d'abondance dans le suc du maïs, immédiatement après la floraison et diminue considérablement après la formation complète du grain. Le rapporteur fit encore remarquer que la diminution du sucre, à

---

(1) Ce Rapport est inséré dans le tome II des *Comptes rendus*, 2e semestre de 1836, p. 461.

cette dernière époque, s'accordait avec les expériences qu'un membre de l'Académie avait faites sur la végétation de diverses graminées, et par lesquelles il avait été conduit à conclure que, dans ces végétaux, après la fécondation, le sucre que contient la tige passe dans l'épi, en changeant de nature pour servir d'alimentation au grain.

» Nous avons rappelé ces premières annonces de M. Pallas, parce que son Mémoire actuel présente des assertions toutes contraires, qui, malheureusement, n'y sont pas accompagnées davantage d'une exposition d'expériences précises, ni d'éléments exactement mesurés, que l'on puisse soumettre à des vérifications.

» L'auteur décrit d'abord les phases de la végétation du maïs telles qu'il dit les avoir observées. Il rappelle, à cette occasion, un Mémoire sur le même sujet, adressé par lui à l'Académie en 1839, et accompagné de figures; mais ce Mémoire, qui paraît être principalement descriptif, n'a pas été renvoyé à notre Commission, et nous n'avons pas à nous en occuper. Passant donc au fait principal que celui-ci renferme, ou plutôt que l'auteur s'est proposé d'établir, nous dirons que M. Pallas a eu l'idée ingénieuse d'enlever à un certain nombre de tiges de maïs leurs épis naissants, pour les laisser végéter, comparativement avec d'autres dont les épis avaient été conservés, afin de savoir quelles seraient celles de ces deux sortes qui contiendraient le plus de sucre après la maturation complète. Malheureusement, dans cette épreuve finale qui aurait offert beaucoup d'intérêt, M. Pallas a employé un procédé de comparaison très grossier, et qui ne peut même fournir aucun résultat décisif. Il a réduit séparément en pulpe les tiges châtrées, et celles qui avaient végété avec leurs épis; puis il a soumis séparément ces pulpes à la presse, et il a trouvé que le suc des premières marquait à l'aréomètre 8°, 7, tandis que le suc des dernières, sur lesquelles l'épi avait vécu, marquait 2° de moins. Or, c'est là un résultat dont on ne peut rien conclure; car toute substance soluble, autre que le sucre, existante en plus grande abondance dans une des deux liqueurs, aurait pu aussi bien accroître sa densité relative; puis un développement plus étendu ou plus actif des appareils évaporatoires, provoqué par la castration ou par la conservation intacte de tous les organes, suffirait à produire une pareille différence. En un mot, pour prouver que le sucre, le sucre de cannes, existe dans un des deux sucs en plus grande abondance que dans l'autre, il aurait fallu l'avoir isolé matériellement, ou avoir pu constater sa présence, ainsi que sa proportion relative, par des caractères spéciaux propres à les déceler. Le même défaut de précision, la même fa-

cilité à énoncer comme positifs de simples aperçus, se manifestent dans la description que M. Pallas donne des modifications progressives que le suc du maïs présente en s'altérant au contact de l'air; car il l'a vu ainsi se troubler, déposer une matière blanche, et enfin prendre une consistance de gelée ou d'empois, toutes choses très-véritables, et qui arrivent d'autant plus tôt que la température ambiante est plus élevée. Mais, selon M. Pallas, ce dépôt blanc et cette apparence d'empois sembleraient s'opérer, *comme si la matière sucrée, par une réaction chimique, se transformait en amidon privé de son enveloppe*, ce qui n'offre aucune probabilité chimique, et ce que nous pouvons dire n'avoir aucune réalité. Le dépôt blanc, ayant l'apparence d'empois, que M. Pallas a observé, est d'une tout autre nature que celle qu'il suppose, et il est aussi produit par une cause toute différente de celle qu'il indique, comme on le verra par des expériences qui seront dans peu présentées à l'Académie. Cette absence complète de faits précis et mesurés, qui a conduit l'auteur à des inductions si peu fondées, ne permet pas à la Commission de vous proposer des conclusions approbatives de son travail. Elle se borne donc à regretter qu'il n'ait pas suivi, avec plus de soin et de rigueur, l'expérience ingénieuse qu'il avait imaginée; car la question qu'elle était destinée à résoudre pouvait avoir des conséquences importantes pour la physiologie végétale et pour les applications industrielles. La Commission a tellement senti ce double intérêt, qu'elle a désiré qu'un de ses membres reprît l'analyse expérimentale des mêmes phénomènes, avec toute la précision nécessaire pour en tirer des conclusions sûres; et ce travail, qui est terminé, vous sera prochainement soumis. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ZOOLOGIE. — *Note sur quelques points de l'anatomie des Hydres d'eau douce; par* M. DOYÈRE.

« Sur le tronc des Hydres, autour de la bouche, et sur les gros mamelons qui entourent en spirale et terminent les tentacules, existent trois sortes de corps, qui sont pour ces animaux des organes d'attaque et de défense, savoir :

» 1°. Les gros organes sacciformes à orifice externe, appelés *hastæ* par M. Corda, qui les a représentés avec une grande exactitude. M. Ehren-

berg les a également très-bien figurés dans la planche II de son Mémoire, fig. 7 *b* et 7 *c*. Mais l'un et l'autre de ces deux observateurs ont mal interprété les apparences fournies par le microscope, et qu'ils ont si bien reproduites; et, pour le faire voir, il me suffira de dire que les corps sacciformes en question sont un seul et même organe avec ceux que M. Ehrenberg a appelés *hameçons* (Angelhaken).

» Pour s'en assurer, il suffit de placer sous le compresseur une Hydre, ou mieux un bras détaché de cet animal, et d'y faire passer un peu d'ammoniaque. En observant avec suite l'un des organes dont il s'agit, on le verra se contracter, et chasser successivement, par son orifice, toutes les parties qui constituent l'hameçon, moins le renflement globuleux terminal, qui n'est autre chose que le prétendu sac hastifère lui-même, dans lequel, avant la singulière évolution dont il s'agit, toutes les autres parties étaient engaînées, et pouvaient même être reconnues. Ainsi le *spicule* ou *dard*, figuré dans l'intérieur du sac par M. Corda (*calcarea sagitta*, Corda), et représenté saillant au dehors par M. Ehrenberg, dans sa planche II, fig. 7 *b*, n'est autre que l'espèce de calice basilaire à trois pointes en étoile, des prétendus hameçons. Le long filament grêle qui part de ce calice étoilé était, avant l'évolution, invaginé en dedans de lui-même et du calice ou spicule, par un *retournement en doigt de gant*, et formait au fond du sac cette apparence de coussin que M. Corda a nommé *vesica patelliformis;* un examen attentif et d'excellents instruments font même reconnaître dans ce coussin sa composition par un fil enroulé en spirale.

» Quand l'évolution de ces diverses parties est complète, l'*hameçon* est tel que M. Ehrenberg l'a représenté planche II, fig. 7 *a*; mais le filament est beaucoup plus long, libre et flottant, et le renflement terminal de l'hameçon occupe encore la place qu'occupait auparavant le *sac hastifère*, c'est-à-dire qu'il est à peu près au centre de son mamelon, et entouré par les autres organes dont il va être question plus loin. L'Hydre s'en débarrasse d'ailleurs avec la plus grande facilité, et c'est ce qui fait que, dès qu'elle est gênée, on en voit flotter un grand nombre autour d'elle.

» L'erreur qu'a commise M. Ehrenberg consiste donc en ce qu'il a représenté les hameçons libres et flottants par leur portion renflée, et tenant aux bras par leur long filament. Mais cette erreur s'explique très-facilement, car on rencontre autour de toutes les Hydres comprimées entre deux verres un grand nombre de ces hameçons entièrement libres, et d'autres dont les filaments sont restés adhérents à la couche glaireuse dont tout le corps est enveloppé. Mais leur mode de formation prouve que le filament ne se

rattache point aux organes sacciformes ou *hastæ* de Corda, ainsi que l'illustre observateur de Berlin l'a montré dans ses *fig.* 7 *d* et 7 *e*. Ces figures représentent en réalité, se continuant par leurs filaments, deux de ces organes, dont l'un développé et à l'état d'*hameçon*, et l'autre non développé et contenant encore dans son intérieur toutes les parties qui, avec le sac externe, peuvent constituer un *hameçon* par l'évolution que j'ai décrite.

» Je veux repousser dès ici l'objection qu'on ne manquera pas de faire contre l'emploi de l'ammoniaque : ce réactif doit être mis tout à fait hors de cause, car je ne m'en sers que pour produire l'évolution des hameçons à volonté et *instantanément*; une attention soutenue et un peu de patience suffisent pour observer tous les mêmes phénomènes sur un animal très-vivant, et simplement comprimé entre deux verres, sans aucune lésion.

» 2°. La deuxième espèce d'armes offensives ou défensives ne me paraît pas avoir encore été signalée : ce sont des corpuscules plus petits et surtout beaucoup plus étroits que les précédents, ovoïdes, à parois épaisses, contenant à leur intérieur un fil enroulé en spirale, qui sort comme le long filament des hameçons, en s'engaînant en dedans de lui-même. Ce fil est plus sétiforme et plus court que celui des *hameçons*; les corps ovoïdes se détachent de l'Hydre comme ces derniers.

» 3°. Enfin un grand nombre de corps sacciformes, différant seulement des premiers parce qu'ils ne se transforment pas en *hameçons*. Ce sont, selon toute probabilité, les premiers encore incomplétement développés. L'action de l'ammoniaque leur fait rejeter leur contenu sous forme d'une petite masse muqueuse, dans laquelle se voit déjà un linéament en spirale, que l'on pouvait même distinguer dans leur intérieur, mais ces petites masses ne se déroulent pas en un filament. Lorsque l'Hydre est comprimée, elle les abandonne comme les organes précédents, et on les voit flotter autour des bras avec les apparences qu'ils prennent par l'action de l'ammoniaque.

» Outre ces organes, les mamelons des tentacules sont hérissés d'acicules rigides qui se détachent avec une grande facilité, ce qui fait qu'on n'en observe plus, après quelque temps, sur un bras coupé d'Hydre soumis au compresseur. Je les crois silueux, implantés dans l'orifice des organes que je viens de décrire, et surtout de ceux de la troisième sorte, et bien distincts des filaments enroulés en spirale dans l'intérieur.

» Il y a quelque temps encore, ces organes singuliers n'avaient aucun analogue connu; mais, dans les deux années qui viennent de s'écouler, MM. Wagner et Milne Edwards en ont trouvé de semblables dans les Médusaires, et M. de Quatrefages dans les Actiniaires et dans les Sy-

naptes. Tous ces observateurs s'accordent à les regarder comme produisant l'urtication que l'on ressent au contact de ceux de ces animaux qui atteignent une grande taille, et je viens de rencontrer un fait qui confirme de tout point cette opinion : c'est une grande Hydre qui s'était emparée d'une larve d'insecte assez grande elle-même relativement à la taille de l'Hydre, et surtout redoutablement armée. La larve était morte, bien qu'encore entière, mais elle porte un grand nombre des prétendus hameçons dont le filament est enfoncé dans son corps jusqu'au spicule à base étoilée. La blessure est, sans nul doute, faite par ce spicule lui-même sortant du *sac hastifère*, et le filament se développe ensuite dans les tissus, ce que rend facile son extrême finesse et son mode d'évolution par invagination en dedans de lui-même.

» Une larve toute semblable, déjà contenue dans l'estomac de l'Hydre qui fait le sujet de cette observation, ne laisse d'ailleurs aucun doute sur la nature et le but de l'attaque dont la larve saisie a été victime.

» Après ce qui précède, je ne crois pas que l'on puisse admettre que ces organes si constants, à formes et à fonctions si définies, ne soient que des *étirements accidentels d'un suc glutineux*, ainsi que M. Laurent cherche à l'établir dans le Mémoire sur lequel l'Académie a entendu un Rapport remarquable dans sa dernière séance. J'ajouterai que je ne partage pas davantage l'opinion que cet observateur consciencieux professe sur plusieurs points, et notamment sur le tissu contractile de l'Hydre. J'ai vu avec M. de Quatrefages les muscles longitudinaux et transversaux des bras, et je les ai vus de manière à ne conserver à leur égard aucun doute : mais on ne les voit ainsi que dans des individus que le hasard seul fait rencontrer, et qui sont dans des conditions favorables à ce genre d'observations. Les muscles dont il s'agit ressemblent tout à fait à ceux des Systolides et d'une foule d'autres animaux inférieurs : ils ont des formes et des connexions constantes, et se distinguent essentiellement par là des *productions sarcodiques* qui constituent toute la partie contractile de certains organismes inférieurs, et dont M. Dujardin le premier nous a fait connaître l'existence et la nature. Je ne crois pas que l'idée que l'on a voulu exprimer par le nom de *tractus charnu* leur soit applicable en aucune manière. »

MATHÉMATIQUES. — *Mémoire sur la Théorie des nombres; par* M. **Modeste Claudel.**

(Commissaires, MM. Lacroix, Sturm, Liouville.)

PHYSIQUE. — *Sur la glace du fond des rivières; par* M. **Maille.**

(Commission précédemment nommée.)

ASTRONOMIE NAUTIQUE. — *Additions à l'Astronomie nautique; par* M. **Ch. L. de Littrow.**

(Commissaires, MM. Mathieu, Puissant.)

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. — *Observations de* M. **Becquerel** *sur une Lettre de* M. Matteucci *communiquée à l'Académie, et sur un Mémoire de* M. de Ruolz *présenté dans la séance du* 8 *août dernier* (1).

« Dans l'extrait de deux Lettres de M. Matteucci à M. Arago, sur la phosphorescence, se trouve ce passage : « J'ai réuni un très-grand nombre de » faits qui prouvent que la transparence ne doit pas être confondue avec la » propriété qu'ont les corps de laisser passer les radiations phosphores- » centes. » M. Matteucci ignore très-probablement que ce principe a été établi il y a trois ans, dans un Mémoire fait en commun par M. Biot et moi, à l'égard de la lumière électrique, et par M. Biot seul, relativement à la lumière solaire. Nos Mémoires sont insérés dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, et le même sujet a été traité dans le sixième volume de mon ouvrage, avec de grands développements; en outre, les journaux scientifiques anglais et allemands ont donné des extraits des Mémoires. Si donc M. Matteucci eût eu connaissance des documents que je viens de citer, il aurait modifié, sans aucun doute, la communication qu'il vient de faire à l'Académie, en ne s'attribuant pas la découverte d'un principe trouvé avant lui.

» J'ai une autre observation à adresser à M. Matteucci, au nom de mon fils, qui a présenté à l'Académie, le 13 juin dernier, antérieurement à ses Lettres, un Mémoire dans lequel se trouvent plusieurs faits qu'il s'attribue. Mon fils, au moyen du papier phosphoroscopique (le même que celui dé-

---

(1) Cette Note de M. Becquerel est celle qui a été présentée dans la séance précédente (*voyez* ci-dessus, p. 366), et qui n'a pu être lue, faute de temps.

crit par M. Matteucci); a établi que la portion du spectre solaire qui agit sur des corps phosphorescents, et qu'il a nommé spectre phosphorescent, varie avec la nature du corps phosphorescent, et que les maxima d'action ne sont pas situés à la même place. Avec le sulfure de calcium, il a trouvé ce fait curieux, que le spectre phosphorescent possède deux maxima d'intensité, l'un à l'extrême violet, l'autre au delà. Je regrette, je le répète, que M. Matteucci, avant d'écrire à l'Académie pour lui communiquer le résultat des expériences qu'il vient de faire sur la phosphorescence, n'ait pas pris connaissance des travaux exécutés avant lui sur le même sujet.

» J'ai une observation du même genre à adresser à M. de Ruolz, à l'égard d'un Mémoire qu'il a présenté à l'Académie le 8 du courant, et qui a pour titre : *Sur les moyens par lesquels on peut obtenir la précipitation du bronze dans les opérations galvano-plastiques.* Ce Mémoire ayant été renvoyé à l'examen d'une Commission *dont je ne fais pas partie*, et un extrait inséré dans le *Compte rendu*, je puis réclamer quelques-uns des faits principaux qu'il renferme comme ayant été publiés par moi, il y a quelques années. Ce Mémoire renferme les passages suivants :

« *Lois de la précipitation simultanée.* — Il résulte de mes recherches » que, pour obtenir galvaniquement la précipitation simultanée de deux » métaux, il faut remplir les conditions suivantes :

» 1°. Que les deux dissolutions métalliques qu'il faut mélanger ne soient » pas susceptibles de se décomposer réciproquement en donnant lieu à un » composé insoluble quelconque;

» 2°. Que, dans les proportions à adopter, il ne faut pas avoir égard seulement aux quantités relatives des deux métaux qui constituent l'alliage que » l'on veut obtenir, mais encore à la loi de précipitation de chaque métal » pris individuellement, ou à la puissance électrique nécessaire pour » précipiter, dans un temps x, une quantité donnée de chacun » d'eux, etc., etc. »

» Tous ces principes généraux sont consignés dans un Mémoire que j'ai présenté à l'Académie il y a trois mois, et dont l'extrait se trouve dans les *Comptes rendus* et dans le sixième volume de mon ouvrage, p. 360. Mes expériences ont été faites sur les alliages d'argent et de cuivre, et M. Dumas a été témoin de plusieurs d'entre elles.

» Je me suis attaché, dans mon Mémoire, à montrer comment s'opère la décomposition électro-chimique, lorsque deux solutions métalliques sont mêlées ensemble en diverses proportions. J'ai été conduit ainsi à des lois générales, dont j'ai fait sentir l'importance pour la chimie et les arts. Guidé

par elles, j'ai fait voir que lorsqu'une solution renferme 1 partie atomique de nitrate d'argent et 67 parties de nitrate de cuivre, on obtient un précipité qui renferme 1 partie atomique d'argent et 1 autre de cuivre; que, lorsque la solution renferme 1 partie atomique de nitrate d'argent et 86 de nitrate de cuivre, le précipité renferme 1 partie d'argent et 2 de cuivre; ainsi de suite. Je répète encore qu'à l'aide des résultats généraux que j'ai obtenus, on peut étendre à d'autres alliages ce que j'ai fait pour ceux de cuivre et d'argent. D'après cela, le travail de M. de Ruolz, en ce qui concerne la précipitation des métaux, n'est qu'une extension du mien, qui renferme les principes sur lesquels il s'appuie pour la formation des alliages. En un mot, il a fait, pour les alliages de cuivre et d'étain, ce que j'avais exécuté pour ceux de cuivre et d'argent, et, en outre, il en a fait une application aux arts, ce dont je ne m'étais pas occupé.

» Quand l'extrait du Mémoire de M. de Ruolz m'est parvenu, je m'occupais, comme je m'occupe encore, d'un travail général sur la dorure et l'application des métaux sur les métaux, dans lequel je traite la question du bronze, en suivant de point en point ce que j'avais fait pour les alliages de cuivre et d'argent. J'y ai consigné également les expériences non encore publiées qui y ont été faites dans mon laboratoire, en présence de plusieurs personnes, depuis huit mois, et d'autres non encore connues, qui contribueront toutes, j'ose l'espérer, à éclairer l'industrie sur une des plus grandes questions qui puissent l'occuper. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Lettre de* M. **Agassiz** *à* M. Arago, *sur les glaciers.*

« Du glacier de l'Aar, 1er août 1842.

» Depuis soixante heures il ne cesse de neiger autour de nous; la température de l'air ne s'est pas élevée au-dessus de + 1 degré centigrade depuis deux jours, et la nuit nous avons eu — 4 degrés. Nous sommes tous ensevelis sous le foin dans notre tente, et c'est à peine si je puis tenir ma plume pour vous rendre compte des observations de la dernière quinzaine.

» La neige, poussée par un violent vent du N. O. qui s'engouffre dans la vallée de l'Aar, tourbillonne dans tous les sens sur le glacier; elle est extrêmement fine, incohérente, et tombe en majeure partie sous la forme d'une poussière légère, composée de très-petites aiguilles qui s'agrégent

très-irrégulièrement et qui restent longtemps suspendues dans l'air avant de prendre pied : il se forme aussi en moindre quantité des petits groupes symétriques de neige de deux à trois lignes de diamètre, affectant tantôt la forme d'étoiles à quatre ou six rayons, tantôt celle de petits cônes cannelés à base sphérique. Cette observation infirme toujours davantage l'assertion si souvent répétée que le névé tombe dans les hautes régions sous la forme grenue qui le caractérise. Depuis que je visite les Hautes-Alpes j'ai souvent vu tomber de la neige dans les mois de juillet, d'août et de septembre, à des hauteurs de 7 à 8000 pieds, et je l'ai examinée maintes fois peu de temps après sa chute à des hauteurs de 9000 pieds et même plus haut; mais je n'ai jamais vu tomber de névé; la neige était toujours floconneuse lorsque la température n'était pas au-dessous de zéro à la surface du glacier, et poudreuse par de plus grands froids. Les observations que M. Nicolet a publiées dans le dernier cahier de la *Bibliothèque universelle de Genève* (mai) sur la neige et sa température dans le Jura, sont parfaitement d'accord avec celles que je viens de faire dans les Alpes. Un autre phénomène qui m'a frappé dans ces hautes régions, c'est la clarté des nuits lorsque le ciel est couvert et même lorsqu'il neige ou qu'il pleut; par un temps pareil nous pouvons toujours voir distinctement l'heure de nos montres pendant toute la nuit, tandis que, par un ciel serein l'obscurité est beaucoup plus grande. Cette anomalie apparente m'a rappelé vos observations sur la lumière des nuages.

» (Du 3.) Les faits relatifs au glacier en particulier se multiplient chaque jour et semblent compliquer la question sur différents points. L'année dernière j'avais aligné une rangée de pieux à travers tout le glacier sur deux points fixes des rochers du bord, dans le but de déterminer directement quel point de la masse marche le plus vite. J'ai constaté que le centre de la ligne, sous la moraine médiane, avait avancé de 269 pieds, tandis que le bord méridional n'avait avancé que de 160 pieds et le bord septentrional seulement de 125. Il est à remarquer que la direction du glacier est d'occident en orient, et que le bord méridional du glacier est plus longtemps dans l'ombre que le bord septentrional, à cause de la hauteur des montagnes au sud. L'ablation de la surface, résultant de la fonte et de l'évaporation, a été également plus considérable au centre qu'aux bords, contrairement à ce que la théorie faisait supposer; depuis le commencement de septembre de l'année dernière jusqu'au 20 juillet de cette année, l'ablation au centre a été de 6 pieds 5 pouces, et celle du bord de 4 pieds 4 pouces, sans que pour cela le niveau absolu de la surface ait changé d'une manière

appréciable. Ces mesures ont été prises par M. Wild avec tout le soin nécessaire, et méritent une entière confiance. Une observation qui n'est pas sans importance pour la théorie des crevasses, c'est qu'elles sont plus fréquentes et plus larges sur les bords, et surtout plus grandes dans les endroits où de petits promontoires font obstacle au mouvement progressif du glacier, que vers le milieu et le long des parois uniformes.

» Les bandes bleues deviennent de jour en jour plus distinctes, à mesure que la surface du glacier s'égalise, par suite des pluies abondantes de la semaine dernière; malgré cela, l'eau des crevasses continue à s'écouler *graduellement*. Après les trois jours de gel continuel des 29, 30 et 31 juillet, elles étaient pour la plupart vides; mais aujourd'hui un grand nombre d'entre elles se sont de nouveau plus ou moins remplies. Ces faits démontrent de la manière la plus incontestable que les crevasses ne traversent généralement pas le glacier comme on l'a prétendu, et que l'eau qui s'y accumule s'écoule en s'infiltrant dans la glace. Pour mettre cette infiltration une fois pour toutes hors de doute, j'ai fait dernièrement une expérience sur une grande échelle. Je choisis pour cela, à 200 pieds du bord du glacier, un massif de glace compris entre deux grandes crevasses à parois bien lisses, d'un bleu foncé, paraissant des plus compactes que l'on pût trouver. Sur la paroi d'une des crevasses je fis tailler un escalier qui permît de descendre à 30 pieds; là je fis creuser dans le massif une galerie haute de 4 pieds sur 3 pieds de large, pénétrant horizontalement jusqu'à 8 pieds dans la glace comprise entre les deux crevasses. A la surface du glacier je fis forer, au-dessus du fond de la galerie, un trou vertical de 5 pieds; comme la croûte désagrégée du glacier était à peine de 1 pied en cet endroit, le trou pénétrait d'environ 4 pieds dans la glace compacte. Je vidai dans ce trou, en plein midi, 5 litres d'une teinture concentrée de bois de campêche: au bout d'une demi-heure la couleur s'était écoulée, et deux heures plus tard elle suintait à travers les fissures capillaires, le long de la voûte de la galerie à travers une masse de 20 pieds de glace. La couleur se répandit aussi sur les parois des crevasses et pénétra au-dessous de la voûte à des profondeurs inconnues. Répétée de nuit, le 1er août, à la suite des jours de froid qui avaient entièrement desséché le glacier, cette expérience donna des résultats encore plus frappants: la couleur pénétrait déjà dans la galerie cinq minutes après son introduction dans le trou de la surface. J'ai répété sur une plus petite échelle cette expérience sur tous les points du glacier, et j'ai constaté partout que l'infiltration est beaucoup plus rapide dans la glace bleue que dans la glace blanche, qui se colore

très-lentement. Une remarque importante à faire, c'est que la couleur ne se répand pas uniformément dans toute la masse, mais qu'elle s'infiltre seulement à travers les fissures capillaires. De nuit, lorsque l'eau qui pénètre le glacier s'est sensiblement écoulée, on peut voir ces fissures à la lumière de la lampe, jusqu'à une profondeur de 3 pieds, dans les parois de la galerie ; en sorte que leur présence dans la glace la plus compacte du glacier ne saurait plus être révoquée en doute. De jour, la présence de l'eau qui filtre continuellement, les rend moins distinctes.

» Un examen de plus en plus détaillé de la structure de la glace m'a fait remarquer, autour des bulles d'air qu'elle renferme, des aires d'eau de formes diverses, mais que l'on ne distingue que dans certaines positions vis à vis de la lumière. Lorsque les bulles d'air sont sphériques, l'aire d'eau qui les entoure est ordinairement ovale ou pyriforme, quelquefois même cylindracée, et les bulles sont mobiles dans tous les sens ; mais lorsque les bulles d'air sont très-comprimées et disciformes, l'aire d'eau a également la forme d'un disque très-plat et la bulle d'air est très-peu mobile, à moins que la zone liquide ne s'agrandisse, ce qui arrive fréquemment au point de présenter des disques à bords lobés de 1 pouce de diamètre autour d'une bulle comprimée à contour régulier ayant à peine 1 ligne de diamètre. Lorsque les aires liquides sont petites, leur contour est circulaire, sans anfractuosités. Des morceaux de cette glace de 1 pied cube, plongés dans une teinture, n'ont absorbé la couleur que par leurs fissures capillaires, sans que celles-ci communiquassent avec les cavités que je viens de décrire ; en sorte que ces dernières paraissent réellement circonscrites en elles-mêmes dans les parties les plus compactes de la glace. Je n'ai pu introduire de la couleur que dans les aires ouvertes à la surface par des sections artificielles ; je ne crois cependant pas ces bulles d'air étrangères à la formation des fissures capillaires. La présence de cette eau liquide autour des bulles d'air dans de grandes masses de glace est un fait très-extraordinaire, que je ne puis concevoir que par un phénomène de diathermansie, d'autant plus que ces aires s'agrandissent et deviennent plus distinctes lorsque la glace est restée longtemps exposée à l'air. La glace de la surface du glacier, comme celle que j'ai retirée de 20 et 30 pieds de profondeur, m'a présenté les mêmes particularités.

» Depuis longtemps je désirais connaître exactement la quantité d'air contenue dans les diverses modifications de la glace du glacier. M. Cél. Nicolet a bien voulu se charger de cette opération pendant son séjour ici. Il a obtenu en moyenne, à 0° de température et à la pression barométrique

de 57, de

500gr	de neige passant au névé........	32,0 centimètres cubes;
500	de glace formée sous cette neige..	0,9
500	de glace blanche...............	7,5
500	de glace bleue.................	0,5
500	de glace bleue de la galerie......	0,9

» M. Hugi, dans son dernier ouvrage sur les glaciers (*Ueber das Wesen der Gletscher*), affirme que les glaciers sont soumis alternativement de jour et de nuit à une sorte d'aspiration et d'expiration de l'air, qu'il compare à la respiration des êtres organisés; M. Nicolet s'est chargé de faire rentrer ce phénomène dans l'ordre naturel des faits physiques. M. Hugi avait constaté que la glace mise dans une cloche fermée, et munie d'un tube plongeant dans un bain de mercure, absorbait l'air pendant la nuit et repoussait l'air pendant le jour; l'absorption était constatée par l'ascension du mercure dans le tube. En réfléchissant à cette expérience, on pouvait de suite admettre que le phénomène de l'ascension du mercure dans le tube était dû à la contraction de l'air produite par le froid de la nuit, et que la répulsion de l'air provenait tout simplement de la dilatation de ce fluide par la chaleur du jour. Il était donc convenable de répéter cette expérience sur l'air seul, sur l'air et l'eau, puisque ces corps entrent dans la composition de la glace des glaciers, et sur l'eau seule; le résultat qu'obtint M. Nicolet fut celui que l'on devait attendre. On peut donc attribuer l'absorption de l'air par la glace et sa répulsion aux phénomènes de dilatation et de contraction des corps par la chaleur et par le froid. Cependant l'expérience de M. Hugi, répétée avec soin dans d'autres circonstances, a donné un résultat contraire: une cloche de la capacité de 1 décilitre a été remplie de glace poreuse, puis soigneusement bouchée et mise en communication avec un bain de mercure par le moyen d'un tube gradué d'un diamètre de 4 millimètres; les divisions du tube étaient des millimètres. L'appareil a été préservé de l'action directe des rayons solaires et entouré de névé. Pendant plusieurs heures l'appareil n'a rien indiqué qu'une légère dépression du mercure dans le tube. Au milieu de la journée, et par une température de + 14°,5 centigr., le mercure s'était élevé de 1,5 centimètre cube; la glace était en voie de fusion. Pendant la soirée, le mercure s'était élevé de 2 centimètres en sus, par une température de + 13°; la glace était presque totalement fondue. L'appareil resta stationnaire pendant plusieurs heures; le soir, après le coucher du soleil, l'ascension totale était de 4 centimètres. Cette expérience fut répétée

plusieurs fois, pendant le jour et pendant la nuit, sur du névé et sur de la glace; elle donna les mêmes résultats, constatant ainsi, pendant la fusion lente de la glace, un phénomène d'absorption qui se produit pendant le jour, en contradiction avec les expériences de M. Hugi. Une seule explication peut être donnée de ce phénomène : il est dû à la différence de densité de la glace et de l'eau; en reprenant sa forme liquide, la glace passe d'un volume plus grand à un volume plus petit, et détermine, par cette différence d'état, l'ascension du mercure. Après la fusion totale de la glace, l'appareil indiquait, le matin, une absorption considérable; mais cette absorption provenait réellement de la contraction de l'eau et de l'air produite par le froid de la nuit, et rentrait dans l'ordre des phénomènes connus. L'appareil continua plus tard à constater les variations diurnes et nocturnes de la température. Tout ce que M. Hugi s'était plu à voir de mystérieux dans ces faits, qui lui ont fait attribuer une sorte de vitalité aux glaciers, peut donc être envisagé à juste titre comme chimérique.

» M. Hugi avait également cherché à prouver que la glace absorbait, pendant la nuit, l'humidité de l'air pour la rendre de jour, et il avait vu dans ce phénomène une autre preuve de la vitalité des glaciers. Par des pesées exactes de glace exposée à l'air, M. Vogt a constaté qu'en effet, par des jours chauds, lorsque l'hygromètre indique une grande sécheresse de l'air, la glace perd beaucoup par l'évaporation, mais que cette évaporation est en raison directe de la surface offerte à l'atmosphère et égale pour toute espèce d'eau congelée, qu'elle soit sous la forme de neige fraîche, de névé, de glace blanche ou de glace bleue; que par des nuits froides et claires, où il se forme une rosée abondante sur la moraine comme sur le glacier, les masses exposées augmentent de poids, mais aussi uniquement en raison de leur surface, et que cette augmentation est due à la précipitation des vapeurs aqueuses sous forme de rosée, et que cet enduit de rosée est très-visible lorsqu'on se donne la peine de se lever de bonne heure pour le voir avant qu'il soit fondu; enfin que, pendant des jours froids, où la température du jour ne diffère pas beaucoup de celle de la nuit, les masses pesées conservent le même poids. Ces variations de poids sont donc uniquement dues à l'état plus ou moins hygrométrique de l'atmosphère et aux variations de température.

» Le rayonnement nocturne de la glace est très-considérable. Ce n'est que par des nuits de tempête et de neige que les thermométrographes placés à la surface du glacier et de la moraine ne diffèrent pas dans leurs indications, tandis que, par des nuits claires, le thermomètre descend tou-

jours de 1 à 2 degrés plus bas sur le glacier que sur la moraine, où la glace est préservée du rayonnement par la masse de pierres qui la couvrent. Il est inconcevable que M. Hugi ait pu affirmer que la température de la moraine est toujours beaucoup plus basse que celle du glacier; des observations continuées pendant trois semaines nous ont prouvé le contraire.

» On a longtemps répété que la glace de l'intérieur du glacier était complétement exempte de matières terreuses, parce qu'il rejettait tout ce qui tombe dans ses crevasses. Le fait est que je n'ai jamais observé de blocs, ni même de fragments de rochers de quelques pouces de diamètre dans le glacier; mais il en est autrement du fin sable qu'entraînent les mille filets d'eau qui circulent à sa surface et qui pénètrent par les fissures capillaires et le long des bandes bleues. Ayant fait fondre une quantité de glace, retirée de 20 pieds au-dessous de la surface du glacier, qui donna 27 litres d'eau, j'ai trouvé qu'elle contenait 54 grammes d'un fin sable passant de l'état de poudre impalpable à celui de poudre miliaire. Partant de ces données, on peut apprécier approximativement la quantité de sable contenue dans le glacier de l'Aar, dont la glace paraît cependant extrêmement pure, à la quantité énorme de 2560000 kilogrammes, en prenant sa longueur totale de l'Abuhrreng à la naissance de l'Aar qui est de 800 mètres, en admettant pour sa largeur moyenne 1200 mètres, et en supposant sa profondeur au milieu (d'après le temps que des pierres jetées dans des trous mettent à tomber) à 200 mètres, et en déduisant un tiers de ce chiffre pour les parties latérales qui sont paraboliques.

» Le mode de désagrégation de la glace à la surface du glacier a aussi été pour moi l'objet d'observations suivies. A mesure que l'action de l'atmosphère se fait sentir sur le glacier après la fonte des neiges de la saison froide, qui disparaissent complétement en mai et en juin, la glace devient poreuse, mais elle ne se décompose pas uniformément. Elle est d'abord généralement blanche partout où il n'y a pas d'accumulations de fragments de rochers et de poussière qui la protégent contre l'action du soleil; mais, à mesure que les pluies de l'été viennent l'imbiber d'eau, sa teinte devient de plus en plus bleue. Ces différences de couleur se maintiennent sur tous les points du glacier, où le relief détermine des courants d'eau constants pendant le jour, ou du moins une plus grand affluence d'eau à la suite de fortes pluies. Ce contraste est surtout frappant lorsqu'il survient une forte averse à la suite de plusieurs beaux jours; le glacier, qui s'était blanchi

par les jours chauds, devient alors tout à coup d'un bleu très-sensible. Lorsque la chaleur se maintient longtemps, toute la surface se désagrége de diverses manières : les bandes blanches prennent l'aspect d'une neige grenue, tout à fait semblable au névé, tandis que les bandes bleues se décomposent en fragments angulaires, et les espaces, qui sont fortement entremêlés de glace bleue et de glace blanche, prennent une structure semblable à celle de la pierre ponce. Un autre effet très-curieux de la décomposition superficielle de la glace consiste dans la disjonction des bandes bleues et des bandes blanches, entre lesquelles il se forme des fissures longitudinales très-prolongées et qui pénètrent plus ou moins profondément. Ces fissures occasionnent fréquemment des dislocations semblables à des failles parallèles; le glacier tout entier prend même quelquefois, par suite de ces dislocations, l'apparence d'un grand livre dressé sur son dossier e entr'ouvert de manière à faire glisser les feuillets les uns sur les autres. Les feuillets du centre, qui restent verticaux, représenteront les bandes bleues et blanches verticales du centre du glacier, et les feuillets renversés des côtés, les bandes des bords inclinées contre les parois de la vallée, avec cette seule différence, qu'à l'extrémité inférieure du glacier les bandes s'étalent en éventail, plongent de tous côtés vers l'intérieur du glacier et prennent même, dans beaucoup de glaciers, l'apparence d'une stratification horizontale sur la tranche terminale. C'est dans ces fissures longitudinales que coule ordinairement l'eau à la surface du glacier, en sorte qu'elles contribuent à leur tour à maintenir cette structure lamellaire en favorisant l'infiltration dans la direction des bandes. Les crevasses coupent continuellement ces bandes, mais non pas toujours à angle droit, comme on l'a affirmé; de nombreuses failles et des dislocations considérables se forment entre ces tranches, et, lorsque les crevasses se referment, les bandes longitudinales sont souvent comprimées : elles se courbent alors et prennent ces formes sinueuses qu'on observe surtout dans les parties crevassées du glacier. Mais toutes les bandes sinueuses ne sont pas dues à cette cause, on en remarque aussi qui proviennent du remplissage des crevasses et des baignoires par couches concentriques.

» Pour se faire une juste idée de la structure des glaciers, il faut en distinguer deux espèces. Les uns, et c'est le plus grand nombre des petits glaciers qui restent suspendus sur les pentes les plus élevées de nos Alpes, se forment des champs de névé stratifié ; ils ne descendent pas dans les vallées inférieures, et affectent, même à leur surface, les formes du sol

sur lequel ils reposent; ils ont une puissance peu considérable, atteignent rarement une épaisseur de 100 pieds, et sont régulièrement stratifiés dans toute leur épaisseur. Cette stratification est due aux assises de neige qui tombent à divers intervalles et aux croûtes de glace bleuâtre qui se forment à leur surface (la présence de petites couches de débris entre ces assises ne laisse aucun doute sur leur origine); mais, en descendant le long des pentes, les couches de ces glaciers s'arquent en avant, par suite du mouvement plus rapide de leur centre, et prennent l'apparence de bandes concentriques à la surface, tandis que les bords se relèvent en s'engageant dans des couloirs, et prennent l'apparence de bandes longitudinales et verticales. Contrairement aux glaciers ordinaires, les glaciers stratifiés sont concaves au milieu, ce qui explique les modifications que subissent leurs bandes blanches et leurs bandes bleues. La plupart de ces glaciers sont très-inclinés; il y en a dont la pente excède 45°, et c'est sans doute à cette circonstance qu'il faut attribuer la rareté des bandes longitudinales, résultant d'une infiltration verticale dans ces glaciers; car on conçoit que l'eau s'infiltre plutôt entre les surfaces des couches nécessaires que de se frayer de nouvelles voies. La plupart des crevasses des glaciers stratifiés sont longitudinales jusque vers leur extrémité inférieure, où elles divergent en éventail. Je ne crois pas que ce type de glaciers ait jamais été étudié et décrit d'une manière complète jusqu'ici.

» Les glaciers ordinaires, dont j'ai déjà décrit la structure dans mes Études et dans une Notice sur les progrès récents de la théorie des glaciers, ont des bandes bleues formées verticalement dans le névé trempé d'eau, mais ces bandes ne restent pas absolument verticales; elles s'inclinent en avant et vers les bords, en plongeant dans l'intérieur de la masse. Les glaciers affluents exercent aussi une grande influence sur leur direction: lorsqu'ils sont puissants, ils compriment le courant principal et le font légèrement dévier; au point de contact la masse est comprimée, et l'on y remarque un entrecroisement fréquent des bandes. Indépendamment des bandes verticales, on remarque parfois encore, dans les glaciers ordinaires, quelques traces de la stratification primitive des névés; mais il ne faut pas confondre ce fait avec le renversement des bandes verticales, qui donnent souvent à l'extrémité inférieure du glacier une apparence stratifiée.

» (Du 7.) Avant-hier j'ai été témoin du phénomène le plus curieux que j'aie observé depuis que je visite les glaciers. A quatre heures et demie du soir,

mes ouvriers étaient au forage, lorsque le glacier commença à craquer sous leurs pieds et à dégager une grande quantité de bulles d'air. J'étais à une assez grande distance de ce point; cependant je fus surpris des mouvements étranges que j'apercevais dans la troupe : de temps en temps je les voyais fuir précipitamment dans toutes les directions. A six heures, l'un d'eux accourut à moi et me pria d'aller voir ce qui se passait; il m'annonçait quelque chose d'extraordinaire et d'inexplicable. A sa figure défaite et à la pâleur de ses camarades, je vis, en arrivant sur les lieux, que la frayeur s'était emparée de tout le monde. Je remarquai d'abord une grande quantité de bulles d'air qui se faisaient jour à travers deux petites fentes, larges à peine de 1 ligne. Deux autres fentes, de 3 à 4 lignes de large, s'étaient ouvertes en ligne droite sur une longueur de quelques cents pieds à travers le glacier, et engloutissaient tous les filets d'eau qui venaient de plus haut. Au bout de quelques minutes, j'entendis moi-même à peu de distance un craquement semblable à des détonations simultanées d'armes à feu, comme dans les feux de peloton accompagnés de coups isolés. Je courus sur le bruit, qui se répéta bientôt sous mes pieds avec des commotions semblables à celles d'un tremblement de terre : le sol semblait se déplacer et s'écrouler sous mes pieds, avec un bruit différent des détonations qui avaient précédé et semblable à celui d'un éboulement de rochers, sans qu'on pût cependant remarquer un affaissement sensible de la surface; le glacier tremblait réellement, car un bloc de granit de 3 pieds de diamètre, perché sur un piedestal de 2 pieds de haut, s'abattit brusquement. Au même instant, je vis une crevasse s'ouvrir entre mes jambes et se prolonger rapidement à *travers* le glacier, en ligne droite, faisant de temps en temps des écarts de 3 à 4 pouces lorsqu'elle rencontrait d'autres crevasses, et se prolongeait ensuite de nouveau en ligne droite. De grandes bulles d'air affluaient à la surface sur tous les points où la fente était sous l'eau. Je vis ainsi trois crevasses se former en une heure et demie, et j'en entendis plusieurs autres s'ouvrir à peu de distance de moi. Mes hommes n'osaient rester en place, tant les commotions étaient brusques; mais quatre de mes compagnons d'études demeurèrent sur les lieux pour observer ces faits avec moi. A sept heures et demie le nombre des crevasses nouvelles que je pus distinguer était de huit, sur un espace de 125 pas; l'une d'elles avait partagé le piédestal d'une table du glacier sans le renverser, trois autres se prolongeaient sous la moraine médiane, une d'entre elles la traversait même entièrement. A sept heures, le trou de sonde, qui avait 130 pieds de profondeur sur 6 pouces de diamètre, et

qui était plein d'eau, se vida complétement en quelques minutes, ce qui prouve que ces crevasses, quoique très-étroites, pénètrent à de grandes profondeurs. A huit heures et demie les secousses continuaient encore; pendant la nuit nous en ressentîmes même deux sous notre tente. Le lendemain je remarquai encore plusieurs autres crevasses nouvelles qui s'étaient formées plus bas, pendant la nuit; mais je n'en distinguais toujours que huit sur l'espace où je les avais vues se former. La journée du 5 avait été très-chaude (+ 14° centigrades); jamais je n'avais remarqué tant d'eau à la surface du glacier que ce jour-là. Un fait curieux, c'est que les crevasses se succédèrent de haut en bas en suivant la pente du glacier. Aujourd'hui je compte douze crevasses sur l'étendue où je n'en avais compté que huit le 5, sans que nous ayons ressenti de nouvelles commotions; je suppose dès lors que les fentes que je n'ai pas aperçues d'abord ne sont devenues visibles que parce qu'elles se sont élargies. La plus grande de ces nouvelles crevasses a maintenant 1 ½ pouce de large; toutes les autres se sont également un peu agrandies, mais aucune d'elles ne s'est allongée. Je doute que l'on puisse attribuer la formation de ces crevasses du centre du glacier aux mêmes causes qui produisent les larges crevasses obliques des bords; je serais plutôt disposé à croire qu'elles sont dues à la tension inégale de la masse résultant de l'infiltration et de la congélation d'une plus grande quantité d'eau sur certains points du glacier.

» J'avais espéré obtenir quelques renseignements sur la température de l'intérieur du glacier pendant l'hiver: à cet effet, j'avais introduit, l'automne dernier, deux thermométrographes de Bunten dans un trou de sonde, entourés de gaînes métalliques, l'un à 12 pieds, l'autre à 24 pieds de profondeur; mais mes efforts pour les sortir de la glace ont été jusqu'ici en partie infructueux. J'ai bien pu retirer le premier de ces instruments, mais son flotteur était tombé à + 2 degrés, malgré les précautions que j'avais prises pour éviter les chocs, en creusant un fossé autour du trou de sonde qui s'était rempli de glace bleue. Peut-être parviendrai-je à dégager le second au moyen d'un courant d'eau; mais le manque de combustible ne me permet pas d'en chauffer une quantité considérable, en sorte que l'on avance très-lentement.

» On ne se fait pas généralement une bien juste idée des difficultés que présentent des observations suivies sur les glaciers, surtout par le mauvais temps; et cependant il faut les étudier dans toutes les circonstances possibles pour apprendre à les bien connaître. La semaine dernière, les communications avec l'hospice ayant été interrompues par la

neige, nous avons manqué de tout; nous n'avions plus même de bois pour fondre de la glace et faire de l'eau, lorsque heureusement le temps s'est adouci le 1er août. Les travaux de forage ont également dû être interrompus faute d'eau, et, lorsqu'on les a recommencés, le diamètre du trou principal s'était rétréci, dans sa partie supérieure, de 1 pouce jusqu'à une profondeur de 30 pieds; plus bas, il avait même diminué de 1 $\frac{1}{2}$ pouce jusqu'à une profondeur de 60 pieds, tandis que, dans le fond, il avait conservé son diamètre primitif. Je n'ai pas encore pu m'assurer si ce rétrécissement des trous de sonde est dû à un mouvement général de la masse, à une compression, ou à la congélation de l'eau sur les parois.

» Je vous rendrai compte plus tard des observations que nous faisons sur le mouvement journalier diurne et nocturne du glacier et sur la dilatation et le tassement de l'intérieur de sa masse. Les quantités qu'il s'agit ici d'apprécier se rapprochent tellement des limites des erreurs possibles, que des observations très-prolongées pourront seules donner des résultats satisfaisants.

» La plupart des faits rapportés dans cette lettre étant entièrement nouveaux et de nature à intéresser ceux qui s'occupent des glaciers, je vous prie de vouloir bien en faire part à l'Académie.»

« *P. S.* Je rouvre ma lettre pour vous annoncer l'heureux retour de MM. Desor et Escher de la Linth, qui ont fait aujourd'hui l'ascension du Schreckhorn, dont le sommet s'élève à 4082 mètres. L'hygromètre montrait 43° par + 4° centigrades. Ces messieurs rendront un compte particulier de leur course, qui a été surtout intéressante pour l'étude des glaciers et pour la géologie des Hautes-Alpes. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Nouvelles observations sur un volcan sous-marin dans l'océan Atlantique; par* M. **Daussy**.

« J'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie, dans sa séance du 16 avril 1838, une Note sur l'existence probable d'un volcan sous-marin situé *par environ* 0° 20′ *de latitude sud* et 22° *de longitude ouest.*

» Cette annonce avait éveillé l'attention de quelques navigateurs qui cherchèrent à s'assurer, en sondant dans ces parages, si la profondeur de la mer était moindre que dans d'autres points; mais ils ne trouvèrent rien qui pût indiquer un relèvement de fond. L'incertitude de semblables recherches sur un point aussi vague laissait, il est vrai, peu d'espoir d'arriver justement au lieu où aurait pu se manifester ce soulèvement, si

toutefois il existe. Tout restait donc encore très-conjectural; cependant de nouvelles secousses ont encore été éprouvées cette année dans un point qui diffère peu de la position moyenne déduite des observations précédentes; j'ai pensé que l'Académie accueillerait avec intérêt ces nouvelles observations, qui sont tirées de deux journaux anglais et qui tendent à confirmer un fait qui me paraît assez important.

Extrait de l'*United service Journal*, avril 1842, p. 577.

« Le 5 février 1842, à 5 heures du matin, étant par 0°57′ de latitude » sud et 20°47′ de longitude ouest de Greenwich (23°7′ ouest de Paris), » on ressentit à bord du navire *le Neptune*, venant de Chine en Angle- » terre, une secousse et un tremblement semblable à ce qu'éprouverait un » bâtiment en passant sur un récif de corail. L'équipage et les passagers » montèrent en toute hâte sur le pont, s'imaginant que le navire avait tou- » ché. Ce mouvement dura pendant près d'une minute et fut accompa- » gné d'un bruit sourd semblable à un roulement. Vingt-huit jours après, » nous communiquâmes avec *le Harrison* qui venait de l'Inde. On avait » ressenti à bord de ce bâtiment une secousse semblable, à la même » heure, et lorsqu'on était par 0°30′ sud et 21°55′ ouest (24°15′ ouest de » Paris).

» *Signé* Th.-H. Mason, commandant *le Neptune*. »

Extrait du *Nautical Magazine*, août 1842.

« Une Lettre de M. Rackham, commandant le navire *Anne-Marie*, de » Liverpool, datée de Bombay, le 22 mai 1842, rapporte les faits suivants :

» Le 19 janvier, reconnu l'île de Fer; passé ensuite à l'ouest des îles du » cap Vert. Le 5 février, brise légère, mer calme, beau temps; à 5 heures » du matin je fus réveillé par une secousse violente du navire et par un » bruit sourd imitant un roulement. Ma première idée fut que le bâtiment » avait touché sur un danger, la seconde qu'il avait été foudroyé et que » les mâts étaient tombés. Étant monté sur le pont et ayant regardé de » tous côtés, je vis le navire parfaitement sur l'eau, mais éprouvant un » ébranlement comme s'il allait être mis en pièces, de telle sorte que le » timonier ne pouvait pas tenir la barre. Tout l'équipage fut bientôt sur » le pont, frappé d'une terreur panique par cet effrayant tremblement de » terre, qui dura près d'une minute.

» A 5 heures 50 minutes, on ressentit un choc plus léger; à 9 heures » 45 minutes, un autre encore plus faible; enfin, à près de midi, un » dernier à peine sensible.

» A midi, la latitude fut observée de 0° 44′ sud, et la longitude de » 20° 16′ ouest de Greenwich (22° 36′ ouest de Paris); de 5 heures à midi, » la route avait été le sud ouest 26 milles (1). Il est probable que cette » éruption sous-marine pourrait avoir laissé quelque nouveau danger » comme trace de cet événement. »

» Le rédacteur du *Nautical Magazine* ajoute que le capitaine Rackham est un marin distingué auquel on doit accorder une entière confiance; mais le rapport du capitaine Mason, que nous avons donné ci-dessus, suffit pour prouver l'exactitude du fait. »

M. **Regnault** communique, au nom de M. *de Humboldt,* une Note de M. **Moeser**, relative à la formation des images photographiques.

L'auteur résume ainsi ses recherches :

« 1°. La lumière agit sur tous les corps, et sur tous de la même manière : les actions connues jusqu'à ce jour ne sont que des cas particuliers de ce fait général.

» 2°. L'action de la lumière consiste à modifier les substances de telle sorte qu'après avoir éprouvé cette action, elles condensent les diverses vapeurs autrement qu'elles ne le feraient sans cela : la découverte de M. Daguerre repose là-dessus et présente un cas particulier de cette action générale.

» 3°. Les vapeurs sont condensées plus ou moins fortement par les substances ainsi modifiées, suivant leur élasticité et l'intensité de l'action lumineuse.

» 4°. L'iodure d'argent commence, comme on sait, par noircir sous l'influence de la lumière.

» 5°. Si l'action de la lumière est prolongée, l'iodure se transforme en iodure coloré.

» 6°. Les rayons différemment réfrangibles ont une seule et même action, et il n'y a de différence que dans le temps qu'ils mettent à produire un effet déterminé.

» 7°. Les rayons bleus et violets, et les rayons obscurs, découverts par Ritter, commencent rapidement l'action sur l'iodure d'argent; les autres

(1) Ce qui donnerait pour la position de 5 heures du matin 0° 26′ sud et 22° 21 ouest. P. D.

rayons mettent, à produire le même effet, d'autant plus de temps que leur réfrangibilité est moindre.

» 8°. Cependant l'action (5°) est plus rapidement commencée et effectuée par les rayons rouges et jaunes; les autres rayons emploient d'autant plus de temps qu'ils ont une plus grande réfrangibilité.

» 9°. Tous les corps rayonnent de la lumière, même dans une obscurité complète.

» 10°. Cette lumière ne paraît pas se rattacher à la phosphorescence, car on n'aperçoit aucune différence, que les corps aient été longtemps placés dans l'obscurité, ou bien qu'on les ait exposés à la lumière du jour, ou même aux rayons solaires directs.

» 11°. Les rayons émanés des différents corps agissent, comme la lumière, sur toutes les substances, et produisent les effets indiqués (2°) et (4°).

» 12°. Ces rayons, insensibles sur la rétine, ont une réfrangibilité plus grande que ceux qui proviennent de la lumière solaire, directe ou diffuse.

» 13°. Deux corps impriment constamment leurs images l'un sur l'autre, même lorsqu'ils sont placés dans une obscurité complète (1°), (9°) et (11°).

» 14°. Cependant, pour que l'image soit appréciable, il faut, à cause de la divergence des rayons, que la distance des corps ne soit pas très-considérable.

» 15°. Pour rendre une semblable image visible, on peut se servir d'une vapeur quelconque, par exemple de la vapeur d'eau, de mercure, d'iode, de chlore, de brome ou de chlorure d'iode, etc., etc.

» 16°. Comme les rayons que les corps envoient ainsi spontanément ont une réfrangibilité plus considérable que ceux qui étaient connus jusqu'à présent, ce sont eux aussi qui ordinairement commencent les actions sur les autres substances avec le plus d'intensité (7°).

» 17°. Il existe une lumière latente, de même qu'une chaleur latente.

» 18°. Lorsqu'un liquide se vaporise, la lumière qui correspond à une certaine durée d'oscillation devient latente, et se trouve remise en liberté lorsque la vapeur se condense en gouttes liquides.

» 19° C'est pour cela que la condensation des vapeurs produit en quelque sorte les mêmes effets que la lumière : ainsi se trouve expliqué le rôle de la vapeur (2°) et (15°).

» 20°. La condensation des vapeurs sur les plaques agit comme la lumière, que la vapeur en excès adhère simplement, comme fait la vapeur

d'eau sur la plupart des substances, ou d'une manière permanente, comme fait habituellement le mercure, ou enfin se combine chimiquement avec la substance, comme, par exemple, la vapeur d'iode avec l'argent.

» 21°. La lumière latente de la vapeur de mercure est jaune; toutes les actions que produisent les rayons jaunes peuvent être obtenues par la condensation de la vapeur de mercure.

» 22°. La couleur latente de la vapeur d'iode est bleue ou violette; les actions des rayons bleus ou violets peuvent être également reproduites par la condensation de la vapeur d'iode.

» 23°. Les couleurs latentes du chlore, du brome, du chlorure d'iode et du bromure d'iode paraissent peu différer, quant à la réfrangibilité, de celle de l'iode.

» 24°. Quant à la couleur latente de la vapeur d'eau, je puis dire seulement qu'elle n'est ni verte, ni jaune, ni orange, ni rouge.

» 25°. L'iodure d'argent doit sa sensibilité pour les rayons visibles à la lumière latente de la vapeur d'iode.

» 26°. L'iodure d'argent n'est pas plus sensible aux rayons invisibles que ne l'est l'argent lui-même.

» *Remarque.* En exceptant les principes des n°s 9, 17, 18 et 25, tout ce qui précède repose sur des recherches suffisamment nombreuses, qu'on trouve décrites dans les Mémoires suivants (*Annales de Physique de Poggendorf, etc.*):

» (a). *De la marche de la vue, et de l'action de la lumière sur tous les corps;*

» (b). *Sur l'état latent de la lumière;*

» (c). *Sur la lumière invisible;*

» Si l'on rejette les principes énoncés (9°, 17°, 18°, 25°), on écarte tout point de vue théorique, mais on est hors d'état d'expliquer les phénomènes. »

M. Arago communique la lettre suivante de M. Breguet, relative à un phénomène qui confirme les expériences de M. *Mœser* :

« Les faits remarquables qui viennent d'être découverts par M. le professeur Mœser, et dont la communication a été faite dernièrement à l'Académie par M. Regnault, me rappellent quelque chose d'analogue que nous avons observé de temps à autre dans l'intérieur des boîtes de montres en or, et dans l'intérieur même de machines dont toutes les pièces étaient en cuivre jaune.

» Tout le monde sait que, lorsqu'on ouvre le fond d'une montre, on aperçoit un second fond, appelé la *cuvette*, sur laquelle est gravé le nom du fabricant. Ce second fond est très-près du premier; il y a entre eux l'épaisseur d'un dixième de millimètre tout au plus. Eh bien, nous avons eu souvent occasion de voir sur le fond l'image renversée et très-distincte du nom gravé sur la cuvette.

» Dans des machines où des pièces se trouvaient être aussi placées à de très-petites distances, nous avons vu aussi quelquefois sur l'une d'elles la représentation de signes plus ou moins remarquables.

» Nous avions trouvé ces faits fort curieux, nous les avions même communiqués à quelques personnes; mais, n'ayant pas eu le temps d'observer toutes les particularités du phénomène, nous nous étions abstenu jusqu'ici d'en faire mention.

» Mais maintenant que cela entre dans le domaine de la science, ce n'est peut-être pas trop oser que de présenter ainsi des faits sans les accompagner d'observations accessoires; car, plus ils seront multipliés, et plus promptement on arrivera à l'explication d'un phénomène si remarquable.

» Voilà, M. le Secrétaire, mon observation; je vous laisse le maître de décider si elle mérite d'être communiquée à l'Académie. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un météore lumineux observé au Grand-Lemps (Isère), le 12 août 1842.* — Extrait d'une Lettre de M. **Bourdot** à M. *Arago*.

« La communication que vous a faite M. Marcel de Serres, sur l'apparition d'un météore dans les environs de Montpellier, et dont vous avez entretenu l'Académie dans sa séance du 6 août, nous engage à vous en faire une du même genre, qui ne nous paraît pas d'un moindre intérêt. Nous avons pu d'autant mieux observer ce phénomène, qu'il est apparu dans une région du ciel où je cherchais quelques étoiles, avec deux de mes amis. C'était au Grand-Lemps (Isère), le 12 août, à 9 heures environ du soir. Le météore a pris naissance à 2° environ au-delà de l'étoile polaire, à peu près dans le prolongement de la droite qui joint cette étoile à β de la petite Ourse. Il a suivi cette direction en s'avançant du nord-est au sud-ouest, sensiblement en ligne droite inclinée vers le sud de 20 à 30° à l'horizon. Il a passé à 10 ou 15′ environ à l'est de l'étoile polaire et à 15 ou 20′ à l'est de la petite Ourse. Sa lumière, d'abord faible et assez sem-

blable à celle d'une étoile filante ordinaire, a augmenté ensuite rapidement d'intensité jusqu'à la distance de 4 ou 5° au nord de 𝜀 de la petite Ourse, où le météore a éclaté sans bruit comme une fusée, et s'est épanoui comme une étoile d'artifice de 15′ environ de diamètre, en développant les plus belles couleurs bleues et rouges; mais il n'a point encore disparu : il a repris sa teinte blanchâtre, a diminué d'intensité en continuant sa marche, et est allé s'éteindre à 3° environ au sud de 𝜀 de la petite Ourse. La durée du trajet a été de 5 à 6″. Mais il a laissé sur tout son passage une trace lumineuse dont la largeur et l'intensité diminuaient de part et d'autre du point où il a éclaté, et où elle avait environ 8 ou 10′ de large. Cette trace d'une lueur phosphorique a persisté pendant 24 à 25″, en diminuant progressivement d'intensité. La partie où le météore a éclaté a été la dernière à disparaître. La persistance de cette trace et la manière dont elle a disparu ne permettent pas de penser qu'elle puisse être une illusion d'optique. La longueur et la durée du trajet semblent indiquer que la hauteur du météore n'était pas très-considérable; cependant je ne doute pas qu'il n'ait été visible à une grande distance : il était d'ailleurs si remarquable, qu'on n'a pas pu le confondre avec les étoiles filantes ordinaires. J'espère donc que nous n'aurons pas été les seuls assez heureux pour avoir pu l'observer et déterminer deux des principales étoiles auprès desquelles il a passé; et s'il a pu être observé ailleurs aussi bien qu'ici, quelque incomplètes que soient ces observations, elles pourraient amener la découverte de quelques éléments importants qui ont jusqu'ici échappé à toute investigation, tels que la hauteur approximative de la région où s'est passé le phénomène.

» *P. S.* Le ciel était très-pur et la température assez chaude. »

MÉTÉOROLOGIE — *Extrait de la correspondance de* M. ARAGO, *sur les étoiles filantes périodiques du mois d'août.*

Les Notes qui suivent prouvent que des étoiles filantes se sont montrées en nombre inusité dans les nuits du 9 au 13 août 1842; elles établissent avec non moins d'évidence que pour se prononcer sur la périodicité du phénomène, il ne suffirait pas de consulter les observations d'un seul lieu.

OBSERVATIONS D'ÉTOILES FILANTES EN AOUT 1842.

Observations de M. LITTROW, *à Vienne.*

Dans la nuit du 9 au 10, 60 en deux heures, 30 par heure, en moyenne.
du 10 au 11, 774 en six heures, 129 par heure (de 9^h à 3^h du matin).

Observations faites à Rennes par M. L. Bohard, *horloger.*

Dans la nuit du 10 au 11 août, 21 (dont 6 très-brillantes) en une heure (de 9^h15^m à 10^h15^m).
22 en $\frac{1}{2}$ heure (de 2^h à 2^h30^m).

M. Bohard était *seul*, et n'a guère compté que les étoiles partant du zénith. Le résultat de Rennes est donc plus étonnant encore que celui de Vienne.

Les grandes étoiles laissaient, à Rennes, des traînées lumineuses qui restaient visibles pendant plusieurs secondes (jusqu'à 5^s); elles se mouvaient *presque toutes* du nord au sud, ou du nord-est au sud-est. Les vitesses apparentes étaient très-inégales.

Langres. Observateur, M. *l'abbé* Simmonel.

Dans la nuit du 11 au 12, entre 9^h30^m et 10^h, nombre d'étoiles très-considérable. Dans certains moments, elles circulaient presque sans interruption; la plupart se mouvaient du nord-est au sud-ouest. « Quand je quittai ce spectacle, dit M. l'abbé Simmonel dans sa Lettre à » M. Arago, l'apparition de ces MYRIADES de petites planètes ou de bolides » n'avait pas diminué.... Certains de ces météores, ajoute M. Simmonel, sem- » blaient se promener majestueusement dans l'espace, et donnaient au » spectateur le temps d'admirer la traînée de lumière qu'ils laissaient sur » leur route; d'autres passaient avec la rapidité d'un trait enflammé. »

Tours. Observateur, M. Laugier.

« Dans la nuit du 10 au 11 août, de 9^h35^m du soir à 9^h50^m, c'est-à-dire en 15^m, j'ai compté, dit M. Laugier, 13 étoiles filantes; elles avaient toutes une même direction, celle du nord-est à l'ouest. J'observais d'une fenêtre d'où je pouvais découvrir $\frac{1}{8}$ du ciel environ au NORD.

» D'une autre fenêtre, d'où je voyais au moins $\frac{1}{5}$ du ciel au SUD, j'ai compté, de 9^h55^m à 11^h45^m, c'est-à-dire dans l'intervalle de 1^h50^m, 62 étoiles filantes, dont 57 avaient même direction de l'est au sud-est. »

Si l'on supposait les étoiles filantes de la nuit du 10 au 11 août uniformément réparties dans le temps et dans l'espace,

La première observation de M. Laugier donnerait, pour le ciel entier et par heure............ 416 étoiles;

La seconde.......... 117.

Maiche (département du Doubs). Observateur, M. VICTOR MAUVAIS.

Dans la nuit du 9 au 10 août, vers 11 heures du soir, M. Mauvais a vu 23 étoiles filantes en 30 minutes, dans la partie N.-O. du ciel. Les observations furent circonscrites dans un espace comprenant environ un quart du ciel.

La partie proportionnelle donnerait, pour le ciel entier et par heure, 184 étoiles.

Paris. Observateur, M. EUGÈNE BOUVARD.

Dans la nuit du 9 au 10, de 10^h	à $11^h\ 1^m$,	19 étoiles dans le tiers du ciel;
Pour le ciel entier et par heure,		56 étoiles.
Dans la nuit du 10 au 11, de 9^h55^m	à 10^h30^m,	16 étoiles;
Pour le ciel entier et par heure,		81 étoiles.

Dans la nuit du 9 au 10, presque toutes les étoiles filantes étaient très-brillantes, et laissaient après elles de belles traînées lumineuses, blanches ou orangées.

Toulouse. Observateur, M. PETIT.

Ciel couvert dans les nuits du 10 au 11 et du 11 au 12.

Les étoiles vues les autres jours, malgré leur rareté, sont favorables à l'idée de la périodicité. L'observateur, tourné vers le nord, vit :

Dans la nuit du 9 au 10,	de 9^h22^m	à $10^h\ 12^m$,	11 étoiles;
du 12 au 13,	de 11^h58^m	à $1^h\ 3^m$,	7 étoiles;
du 13 au 14,	de 9^h46^m	à $10^h\ 35^m$,	4 étoiles.

PHYSIQUE. — *Sur l'identité des diverses radiations lumineuses, calorifiques et chimiques; par* M. **MELLONI.**

Tel est le titre d'un Mémoire que M. Melloni a lu à l'Académie royale des Sciences de Naples, le 2 février 1842, et dont il vient d'envoyer un exemplaire à l'Académie. L'auteur s'y déclare partisan décidé de la théorie des ondulations. Suivant lui, l'*hypothèse de l'émission ne saurait plus se soutenir.* Voici les conclusions de son travail :

« La lumière, la chaleur et les réactions chimiques sont trois manifestations des ondulations éthérées qui constituent le rayonnement solaire. Les ondulations obscures, douées de l'action chimique ou calorifique,

sont parfaitement semblables aux ondulations lumineuses; elles en diffèrent seulement par la longueur. Or, ce caractère distinctif appartient à l'*espèce* et non pas au *genre;* et il existe précisément autant de diversité entre un rayon obscur chimique ou calorifique et un rayon de lumière, qu'il y en a entre deux rayons lumineux de couleurs différentes. Il est vrai que les radiations lumineuses se distinguent de toutes les autres par leur action sur la faculté visive; mais cette propriété dérive d'une véritable *qualité accidentelle*, et n'a aucune importance par rapport au rayonnement considéré en lui-même. Pour en être convaincu, il suffit d'observer que la propriété d'éclairer et d'illuminer, dans cette série d'ondulations qui produit les phénomènes optiques, disparaîtrait complétement avec la destruction de l'organe de la vue chez tous les êtres animés, sans que pour cela il s'ensuivît la moindre altération entre les relations mutuelles des rayons élémentaires, ou entre les rapports de ces rayons avec le reste de la nature. Alors les éléments lumineux ne pourraient plus se distinguer entre eux, ni des éléments *chimiques* ou *calorifiques* placés au delà des deux extrémités du spectre, que par des différences de diffusion, de transmission, de réfraction et d'absorption, différences qui constituent, comme nous le disions ci-dessus, les véritables caractères analytiques des radiations élémentaires.

» La propriété d'échauffer n'avait été attribuée jusqu'ici qu'aux rayons colorés et aux radiations obscures inférieures à la limite rouge : on la refusait aux rayons chimiques placés au-dessus du violet. Nous venons de la constater aussi pour ces derniers rayons; elle y existe à un degré bien faible à la vérité, mais indubitable; il n'y a d'ailleurs aucune transition brusque de température entre les radiations chimiques obscures et l'espace lumineux, mais une succession graduée, comme dans le reste du spectre. Nous avons trouvé aussi quelques traces de chaleur dans la lumière solaire transmise par ces systèmes de corps qui paraissaient complétement adiathermiques. Une nouvelle série d'expériences nous a enfin dévoilé la véritable cause qui fait passer successivement le maximum de température dans le rouge, l'orangé et le jaune lorsqu'on emploie des prismes de crownglass, d'alcool, d'eau et autres milieux incolores thermochroïques, ou lorsqu'on transmet le spectre calorifique normal au travers d'une couche plus ou moins épaisse de ces matières : le phénomène provient, sans aucun doute, du mélange d'un certain nombre de radiations calorifiques obscures avec les couleurs inférieures du spectre, radiations qui sont plus ou moins absorbées par la différente thermochrôse de la sub-

stance qui compose le prisme ou la couche interposée. Lorsque les éléments rouges, orangés, jaunes, sont tout à fait purs et parfaitement séparés de ces rayons hétérogènes, *leur passage par les milieux incolores et thermochroïques ne produit plus aucun changement dans la distribution de la chaleur prismatique,* QUI VA TOUJOURS EN AUGMENTANT DU JAUNE AU ROUGE.

» L'objection si formidable du transport du maximum de température du rouge au jaune, pendant que le maximum de lumière restait invariablement fixé sur cette dernière zone du spectre, perd donc sa valeur et s'explique tout naturellement par le principe des transparences relatives, développé dans le chapitre précédent.

» Nous donnerons ailleurs les détails des expériences relatives à ces divers sujets : ici nous remarquerons seulement que leurs résultats rendent la théorie de l'identité de plus en plus solide, et mettent tout à fait hors de doute le principe fondamental que nous avons adopté dans le cours de ce Mémoire, relativement à la prédominance de la chaleur sur la lumière.

» Retenons donc que l'action échauffante est une propriété générale de toutes les radiations vibrées par les sources lumineuses. Les propriétés d'éclairer et d'exciter les réactions chimiques n'appartiennent qu'à certaines espèces, et offrent parfois le singulier caractère de produire en même temps des effets différents et même contraires sur l'instrument ou sur l'organe destiné à nous révéler leur présence et leurs qualités. Ainsi, en explorant, à l'aide de deux papiers sensitifs, la distribution et les intensités relatives des rayons chimiques contenus dans le spectre solaire, on trouve le maximum d'action dans l'indigo, par exemple, pour l'un des papiers, et pour l'autre dans le violet ou dans la zone obscure consécutive ; ainsi le rayon lumineux le moins réfrangible du spectre présente un rouge tranché à la vue ordinaire, et se confond avec le bleu ou le vert, aux yeux de quelques observateurs. Les rayons placés au delà du violet sont invisibles pour les yeux ordinaires, et visibles en partie pour certains individus.

» Mais la généralité, la constance ou l'instabilité ne sont pas les seuls caractères qui distinguent entre elles les trois actions des sources rayonnantes. Les limites entre lesquelles se développe l'action lumineuse dans le spectre solaire diffèrent de celles où s'étendent les actions de la chaleur et de la force chimique; la température la plus élevée y est totalement séparée du plus grand éclat de la lumière, et de l'action chimique la plus vigoureuse.

» La *transparence* des corps par rapport à la chaleur semble, dans certains cas, tout à fait indépendante de leur transparence relativement à la lumière; certaines substances opaques sont, en effet, librement traversées par la chaleur, d'autres arrêtent presque toute la chaleur et sont perméables à la lumière. Les corps blancs renvoient quelquefois, par diffusion, les radiations calorifiques incidentes, et parfois ils les absorbent: les milieux limpides et incolores, exposés aux mêmes radiations, les interceptent et se réchauffent en certains cas, tandis que, dans d'autres circonstances, ils les transmettent librement et ne subissent aucun changement de température, en sorte que ces diverses substances, privées de toute espèce de coloration apparente, se montrent douées, par rapport au rayonnement calorifique, d'une *force d'absorption élective,* tout à fait semblable à celle que les couleurs exercent sur le rayonnement lumineux; d'autres corps manquent de cette qualité élective, et agissent sur les rayons de chaleur comme les substances blanches proprement dites sur les rayons de lumière. Des faits analogues prouvent qu'il existe dans certains corps blancs et dans certains milieux incolores une force du même genre, distincte de l'absorption calorifique élective, et applicable à la seule radiation chimique.

» Ces variétés de position dans le spectre solaire, ces variétés de blancheur dans les corps opaques, de transparence et de coloration dans les milieux diaphanes, rapprochées de l'uniformité des lois qui gouvernent le mouvement et les modifications générales des trois espèces de rayons, présentent à l'esprit une complication immense, tout à fait opposée à la marche ordinairement si simple de la nature. Mais si l'on admet le synchronisme entre les vibrations de l'éther et des molécules pondérables, ainsi que l'identité des trois agents (1), principes qui découlent tout naturellement de l'hypothèse sur laquelle est fondé le système des ondulations, ces actions si variées, cette foule de faits qui semblent n'avoir

(1) Nous prions le lecteur d'avoir bien présent à l'esprit que le principe de l'identité de la lumière et de la chaleur, avancé par nos prédécesseurs, n'était alors qu'une hypothèse gratuite, ou, pour mieux dire, une question tout à fait prématurée. Et réellement, comment pouvait-on comparer à un rayon de lumière le calorique rayonnant vibré par l'eau bouillante, ou par toute autre source de basse température, lorsqu'on croyait que cette espèce de chaleur ne se transmettait pas immédiatement au travers des corps solides, et ne se dispersait pas en rayonnant tout autour de chaque point

entre eux aucun rapport, se réunissent aussitôt comme par enchantement, et forment une seule théorie, admirable par la simplicité du principe et de la richesse des conséquences.

» La chaleur développée chez les corps frappés par les radiations consiste dans la quantité de mouvement communiquée aux masses pondérables par les pulsations de l'éther; la lumière, dans les oscillations moléculaires de la rétine et des objets extérieurs synchroniques avec une certaine série d'ondulations éthérées; et l'action chimique, dans la séparation des atomes causée par la violence extrême avec laquelle ont lieu quelquefois ces mêmes vibrations synchroniques des corps.

» Les ondulations de l'éther cessent d'être visibles lorsque leurs pulsations sont trop rapides ou trop lentes pour faire naître, en vertu d'un principe totalement analogue à la résonnance, les vibrations de la rétine; elles produisent, au contraire, le *maximum* de sensation lumineuse, lorsqu'elles se trouvent dans le plus grand *accord* possible avec l'*élasticité* des molécules nerveuses qui constituent cette membrane de l'œil.

» Par la même raison, certaines ondulations éthérées sont incapables d'exciter les réactions chimiques, tandis que d'autres sont douées de cette propriété au plus haut degré.

» Il en résulte que l'action chimique et la lumière dépendent plutôt de la *qualité* des ondulations que de leur *force d'impulsion* ou de leur *quantité de mouvement*. On conçoit alors parfaitement pourquoi la zone la plus éclairante et celle qui produit le plus grand effet chimique ne se rencontrent pas dans le spectre avec la zone de la température la plus élevée. On conçoit aussi pourquoi les actions produites par les différentes radiations prismatiques, sur les papiers sensitifs et sur la vue de quelques individus, changent avec les matières photogéniques et l'élasticité de la rétine chez l'observateur.

» Les effets variables de diffusion, de transmission et d'absorption que

---

des surfaces dépolies, à la manière des radiations lumineuses? Aussi le principe de l'identité était si mal compris par nos devanciers, qu'ils comparaient les rayons obscurs les plus réfrangibles du *spectre solaire* (les *rayons chimiques*) à la chaleur rayonnante terrestre qui *commence à devenir visible* par l'élévation de la température, et qu'ils déduisaient de ce parallèle la cause de la couleur bleue ou violette qui se faisait remarquer à la première apparition de certaines flammes! (Biot, *Traité de Physique*, tome IV, page 617.)

présentent les substances blanches et les milieux incolores, résultent d'une véritable *coloration* des corps, relativement aux rayons chimiques ou calorifiques obscurs, *coloration* invisible, comme les rayons qui lui appartiennent, parce que les ondulations éthérées diffuses, transmises ou absorbées, sont précisément celles qui, par leurs oscillations trop rapides ou trop lentes, sortent des limites de l'*élasticité moléculaire* du nerf optique, et ne peuvent, par conséquent, y exciter aucune espèce de vibration lumineuse.

» Le papier est blanc parce que sa constitution moléculaire lui donne la propriété de vibrer avec une force égale en vertu des différentes ondulations visibles du spectre, qui toutes y subissent, par conséquent, une diffusion égale; l'eau est limpide parce que sa constitution moléculaire lui permet de transmettre uniformément la totalité des mêmes éléments du spectre solaire. Mais les ondulations, plus longues que les rouges, d'où dérivent les phénomènes de la chaleur obscure, ne peuvent être ni diffusées par le papier, ni transmises par l'eau; donc ces deux corps sont *colorés*. Ces *couleurs*, qui ne paraissent pas, à cause de l'imperfection de l'œil humain, incapable de percevoir la série entière des ondulations éthérées, se démontrent d'une manière irréfragable au moyen des instruments thermoscopiques, qui marquent la présence de l'ondulation diffuse ou transmise par le mouvement de l'indice du thermoscope, et qui demeurent immobiles lorsque l'ondulation est éteinte en vertu de la *force colorante*. La même chose arrive à l'égard des phénomènes de *blancheur colorée* dus aux radiations obscures placées au delà du violet, phénomènes qui sont mis en évidence par les réactifs chimiques.

» Des actions du même genre se développent enfin dans l'intérieur des *milieux opaques*: alors tous les éléments lumineux sont interceptés par la *couleur diathermique* du corps qui ne livre passage qu'à un certain groupe d'ondulations éthérées, dont les longueurs surpassent celle du dernier rouge.

» L'échauffement d'une matière blanche exposée à l'action successive de toutes les espèces de rayons n'est pas proportionnel à la *force d'impulsion* des ondulations incidentes, parce que les éléments invisibles sont presque tous absorbés, et les autres fortement réverbérés; mais un corps noirci renvoie une portion égale, et extrêmement petite, de toutes sortes d'ondulations, et il acquiert une température d'autant plus élevée que la radiation incidente contient une plus grande quantité de mouvement.

» La chaleur est, en conséquence, l'unique agent capable de mesurer

les forces ou intensités relatives des rayons élémentaires qui composent les radiations du soleil et des sources terrestres. La lumière et l'action chimique ne pourraient pas servir à ce but, car elles ne sont pas toujours proportionnelles à l'énergie de la cause agissante, et ne représentent que des effets divers de la facilité plus ou moins grande avec laquelle les molécules pondérables placées à la surface des corps suivent les périodes des ondulations éthérées. »

PERTURBATIONS MAGNÉTIQUES. — M. l'abbé **Fatou** adresse, de Chambéry, à M. *Arago*, le tableau des perturbations que l'aiguille aimantée de déclinaison a subies dans cette ville, le 15 et le 16 avril 1842. Les observations ont été faites au Collége royal, de cinq minutes en cinq minutes, par M. l'abbé Fatou et par M. Calvetti, professeur de mathématiques. Voici textuellement les remarques qui accompagnent le tableau :

« Les observations des quatorze jours précédents d'avril ont donné pour moyennes :

à 8 heures du matin 16′31″, à 1^h30^m du soir 30′1″;

ce qui donne une variation de 13′30″ et une position moyenne de l'aiguille de 23′16″. Le tableau précédent donne donc lieu aux remarques suivantes :

» 1°. L'aiguille déviait, à 5^h30^m du matin, de 19′16″ de la position moyenne qu'elle a eu les premiers jours du mois; et à 11^h25^m du soir, de 14′51″ à l'est de la même position; elle a parcouru dans cet intervalle de temps un arc de 34′7″.

» 2°. L'aiguille a parcouru cet arc de 34′7″ en exécutant une série d'oscillations lentes dont l'amplitude a été la plus grande vers les positions extrêmes de l'aiguille, et qui a été presque nulle vers le milieu du jour où l'aiguille a occupé sa position normale, la perturbation ayant disparu par l'action solaire.

» 3°. Les oscillations plus grandes de l'aiguille ont été elles-mêmes généralement accompagnées d'oscillations plus petites, qui ont altéré la régularité de leur marche.

» 4°. A 8 heures du matin, époque du minimum, la déviation a été plus grande qu'à 1^h30^m du soir, époque ordinaire du maximum.

» 5°. Malgré les grandes perturbations qu'a éprouvées l'aiguille, sa position moyenne, déduite de toutes les observations renfermées dans le tableau, est

de 23′34″ et diffère peu, comme on le voit, de la position moyenne des premiers jours du mois, qui a été de 23′16″. Elle en diffère au contraire beaucoup si l'on se contente de prendre pour moyenne du jour la moyenne du minimum et du maximum qui ont eu lieu entre 8 heures du matin et 2 heures du soir; le premier a eu lieu à 9^h10^m: sa valeur est de 20′40″; le second a eu lieu à 1^h40^m, et s'élève à 31′50″. La moyenne de ces deux valeurs est de 26′15″. Quant à la moyenne des observations de 8 heures et de 1^h30^m, elle serait ici évidemment fautive.

» 6°. Les mouvements de l'aiguille ont été quelquefois très-rapides: c'est ainsi, par exemple, que, de 6^h50^m du matin à 6^h55^m, elle a parcouru un arc de 6 minutes, et que, de 7^h25^m à 7^h30^m, elle a parcouru en sens opposé un arc presque égal au premier; l'oscillation qui a eu lieu de 6^h50^m à 7^h30^m du matin présente donc cette particularité remarquable qu'elle a commencé et fini par deux mouvements contraires, tous deux fort brusques et presque égaux. »

HISTOIRE DES SCIENCES. — M. **Arago** a reçu une Lettre dans laquelle on lui parle de certain manuscrit portant par erreur, par ignorance ou par suite d'un falsification préméditée, le nom d'un analyste ancien et fort célèbre. Le manuscrit, en le supposant authentique, renverserait de fond en comble l'histoire des mathématiques. M. Arago espère recevoir, d'ici à peu de jours, une copie fidèle de cette pièce singulière; il priera alors l'Académie de la faire examiner par une Commission.

M. **Gaubert**, inventeur de deux machines, dont l'une sert à composer et l'autre à décomposer (*à distribuer*), envoie deux Notes; l'une:

Sur le principe mathématique des classifications;

La seconde est intitulée:

Influence du Gérotype sur le sort des ouvriers compositeurs.

(Ces deux Notes sont renvoyées à l'examen de la Commission déjà nommée.)

GÉOLOGIE. — *Observations recueillies dans une ascension sur le Schreckhorn.* — Extrait d'une Lettre de M. E. **Desor** à M. *Élie de Beaumont.*

« Hôtel des Neufchâtelois (sur le glacier inférieur de l'Aar), le 15 août 1842.

» Nous sommes ici, d'après M. Studer, au milieu du grand massif du Finsteraar-Horn. La vallée du glacier inférieur de l'Aar, sur lequel est con-

struite notre cabane, est ouverte dans le noyau central composé de roches primitives : ces roches se composent ici de schiste micacé, de gneiss, de protogine et de granit indistinctement stratifié, que nos géologues suisses ont désigné sous le nom de *granit gneissique*.

» Jusqu'ici on n'a guère fait de distinction entre ces différentes roches, parce que, en beaucoup d'endroits, elles passent insensiblement de l'une à l'autre. Cependant nous avions déjà remarqué l'année dernière dans l'aspect des moraines qui descendent des hautes régions des différences très-notables, suivant les points auxquels elles se rattachent. J'ai essayé, cette année, de remonter à l'origine de ces moraines, et j'ai en effet rencontré une limite très-tranchée entre les différentes roches en place, et particulièrement entre les schistes micacés noirâtres à pâte fine, se délitant en dalles très-minces, et les granits gneissiques très-compactes, qui, étant ordinairement peu micacés, contrastent d'une manière très-tranchée avec les schistes. En poursuivant plus tard avec mon ami, M. Escher de la Linth, ces rapports de contact sur les différentes cimes qui nous entourent, nous avons remarqué que la limite, tout en étant très-distincte, ne forme cependant pas une séparation réelle; en sorte qu'il est très-facile de tailler des échantillons qui montrent les deux roches. On ne remarque pas d'altération sur la limite du schiste; mais les cristaux de feldspath du granit prennent parfois une apparence un peu vitrifiée au point de contact. Le granit forme aussi fréquemment des filons dans le schiste, qui ont quelquefois une épaisseur de 20, 30 et 50 pieds, quelquefois aussi seulement de 2 ou 3 pouces. Nous avons remarqué en outre que la pâte de ces filons était généralement à grain plus fin que les masses de granit en place. A ne considérer que l'aspect de ces filons, on serait involontairement conduit à les envisager comme des coulées introduites dans la masse des schistes; mais comment arranger cette manière de voir avec la théorie des métamorphoses, qui voit, même dans le granit gneissique, des terrains de sédiment transformés? Il est à remarquer aussi qu'on ne trouve nulle part des filons de schiste dans le granit.

» Pour avoir un aperçu général de ces alternances de roches, nous avons fait, le 8 de ce mois, l'ascension du *Schreckhorn* qui, comme vous le savez, n'avait pas encore été escaladé (1). Arrivés au sommet de l'arête à 2^h30^m

---

(1) Le *Schreckhorn* a environ 4080 mètres de hauteur (100 mètres de moins que la Jungfrau).

de l'après-midi, nous y sommes restés jusqu'à 4 heures, et nous y avons pu voir que cette limite, que nous avons observée sur la rive gauche de notre glacier, à la hauteur de notre cabane, se continue au sud par les Lauteraar-Hörner, dans les massifs des Finsteraar-Horn, et au nord dans le Ritzlihorn. Cette limite est absolument dans la direction des couches, qui elle-même est très-constante, oscillant entre 3 et 5 heures (d'après M. Studer, de O. 37° S. en E. 37° N.). Toutes les grandes cimes des Alpes bernoises sont à l'ouest de cette limite, et toutes sont schisteuses, entre autres le Schreckhorn, le Finsteraar-Horn, le Münch, l'Eiger, les Viescher-Aörner. Il est vrai qu'à mesure qu'on s'éloigne du point de contact, ces schistes perdent insensiblement leur pâte fine; leur grain devient même parfois très-grossier (à la Jungfrau), mais on ne les distingue pas moins du granit gneissique à leur structure schisteuse ainsi qu'à leur aspect général. Le massif de granit gneissique ne s'élève nulle part à des hauteurs aussi considérables et ne forme point (au moins ici) des aiguilles aussi déchirées que le schiste. On dirait que le granit est le véritable noyau et que les arêtes schisteuses que je viens de nommer ont été repoussées par lui en haut et latéralement lors du soulèvement. Au contact des deux roches, le schiste plonge ici au sud sous le granit, en formant avec la verticale un angle de 10 à 20 degrés; d'après M. Studer, il en est même dans la vallée de Hassli jusqu'à Guttannen, tandis qu'au Grimsel les couches sont verticales. A Obergestelen, dans la vallée de Conches (vallée du Rhône), elles commencent déjà à plonger au nord et déterminent ainsi l'éventail du massif du Finsteraar-Horn. Les vallées entament le massif dans tous les sens. C'est ainsi que la vallée de Finster-Aar est, relativement à la direction des couches, une vallée transversale, et la vallée de l'Unter-Aar une vallée presque longitudinale.

» Dès que M. Wild aura terminé la carte de notre glacier, j'aurai soin d'indiquer sur un exemplaire les différentes alternances qui s'observent autour de nous entre les roches, et je me ferai un plaisir de vous en transmettre un exemplaire.

» Sous le rapport des glaciers, notre ascension du Schreckhorn n'a pas été sans quelque intérêt. Obligés de traverser, à une hauteur de 11000 pieds, une paroi de glace de 40 à 45° d'inclinaison pour gagner le sommet, nous y avons trouvé cette glace tellement imbibée d'eau, que les degrés que nous taillions s'en emplissaient en un clin d'œil. La glace elle-même était plutôt coriace que dure, et, par cette raison, très-difficile à entamer. L'année dernière encore, nous avions été très-embarrassés d'expliquer la pré-

sence d'un revêtement de glace au sommet de la Jungfrau, parce que nous n'y avions rencontré aucune trace d'eau qui pût transformer la neige en glace, et que la température ne s'était pas élevée au-dessus de 0°. Maintenant que nous avons vu qu'au sommet du Schreckhorn la température ne descendait pas à l'ombre plus bas que + 2,5 cent, et comme nous savons en outre, par les expériences de M. Nicolet (de la Chaux-de-Fond) que la neige fond aussi sur les montagnes par une température sensiblement plus basse que 0° (*Bibliothèque universelle,* numéro de mai 1842), la glace du sommet de nos plus hautes cimes n'a plus rien que de très-naturel. L'abondance d'eau était si considérable jusque vers le sommet du Schreckhorn, qu'une pierre que nous lançâmes de la cime sur la paroi de glace la plus voisine donna instantanément lieu à un ruisseau, en enlevant la couche de neige qui recouvrait la glace. Ces glaces des hautes régions se font cependant remarquer par un caractère particulier, c'est que, quoique très-inclinées et très-dures, elles ne présentent nulle part des crevasses, tandis que les névés, bien moins rapides, qui sont à leur pied, sont extraordinairement bouleversés. Je crois, avec M. Agassiz, qu'il faut attribuer cette particularité à la faible épaisseur de cette couche qui, au Schreckhorn au moins, ne dépasse pas selon toute apparence, 20 pieds, tandis que les masses qui occupent le fond des vallées sont incomparablement plus puissantes. »

Nouveaux résultats obtenus par les procédés galvanoplastiques. — Extrait d'une Lettre de M. Soyer à M. *Arago.*

« . . . J'ai confectionné avec mes seules ressources :

» Un dauphin de $2^m,40$ de long sur $1^m,60$ de circonférence ;

» Une médaille de Monge de $0^m,77$ de diamètre et de $0^m,20$ de relief ;

» Un buste d'après l'antique, dit le *Bacchus indien,* plus fort que nature ;

» Un bas-relief, dit *la Charité,* d'après Germain Pilon, de $0^m,47$ de haut sur $0^m,90$ de long ;

» Un grand médaillon, représentant la famille royale ;

» Ces pièces ont été exposées à Munich, sous un autre nom que le mien.

» Quatre bas-reliefs, d'après M. David (d'Angers), représentant les effets de l'imprimerie dans les quatre parties du monde. Chacun de ces bas-re-

liefs, composé de plus de quarante figures, a $0^m,65$ de hauteur sur $1^m,63$ de longueur ;

» Enfin un Christ, ronde-bosse, de $1^m,80$ de proportion, d'après M. Moschnits. »

GÉOLOGIE. — *Ascension au pic de Néthou* (Pyrénées), *sommet culminant de la Maladetta.*

M. PLATON DE TCHIHATCHEFF a envoyé à l'Académie une relation détaillée de son voyage au pic de Néthou. Ce pic, tout entouré de glaciers, n'avait encore été gravi par personne. M. de Tchihatcheff, accompagné de M. de Franqueville et de quatre guides, accomplit la rude entreprise, le 20 juillet 1842. Le 24 juillet, M. de Tchihatcheff, en compagnie, cette fois, de M. Laurent, professeur de chimie à Bordeaux, atteignit de nouveau le même sommet.

La relation que nous avons sous les yeux, de M. l'officier russe, renferme plusieurs chiffres qui méritent d'être conservés. M. de Tchihatcheff faisait partie, dans l'hiver de 1839 à 1840, de la fameuse expédition de Khiva. Pendant cette expédition, le thermomètre centigrade descendit à 43° centigrades au-dessous de zéro. Durant plus de trois mois, la température moyenne se soutint entre —17 et —18° centigrades. Au mois de juin, époque du retour du corps expéditionnaire à Orembourg, la chaleur s'éleva jusqu'à +46° centigrades. Dans l'espace de peu de mois la température avait donc varié de 89°.

Dans la première descente du Néthou, les voyageurs arrivèrent à leur ancienne couchée après avoir été quatorze heures sur pied.

« Je me hâtai, ajoute M. de Tchihatcheff, pour retremper mes membres » fatigués, de me jeter dans les eaux du torrent, qui étaient en ce moment à » + 1°,6 centigrade (environ 1 degré et demi au-dessus de la congélation). » L'action d'une eau si froide sur des pores dilatés, quoique saisissante dès » le principe, a, par la suite, une force tonique remarquable. J'en ai jour- » nellement fait l'expérience dans ces montagnes, au profit réel de ma santé » et à la grande surprise de mes guides. »

M. ARAGO complète l'exposition verbale qu'il avait commencée dans la précédente séance, des phénomènes observés pendant l'éclipse de Soleil du 8 juillet 1842.

M. **Sauvage** adresse une Lettre dans laquelle M. **Reynaud**, lieutenant de vaisseau, lui annonce que les essais qu'on a faits avec son physionotype ont donné de bons résultats.

M. **Coulier** annonce qu'il est fait mention dans un ouvrage russe d'une traduction japonaise des *OEuvres de Laplace*.

M. **de Ruolz** met sous les yeux de l'Académie des objets sur lesquels il a fait déposer des couches de plomb, d'étain ou de bronze, au moyen des procédés galvanoplastiques.

M. **Ducis** présente un *anémomètre* portatif.

M. **Martius** présente un ouvrage de M. *de Kobell* sur la galvanographie.

M. **Lemaitre** demande à retirer un Mémoire qu'il avait adressé à l'Académie, intitulé : *De l'action des agents chimiques sur l'albumine dans le traitement des maladies*. Le Mémoire sera rendu.

La séance est levée à cinq heures un quart. A.

ERRATA. (Séance du 18 juillet 1842.)

Page 104, lignes 10 et 35, *au lieu de* 25gr,5 *lisez* 5gr,25

(Séance du 16 août 1842.)

Page 328, lignes 13 et 14, *au lieu de* Paris 1773, *lisez* Paris en 1773
330, 22, *au lieu de* 1804, *lisez* 1808
Id., 4 en rem., *au lieu de Mécanique céleste*, *lisez* mécanique céleste (1).
339, 20, *au lieu de* un objection, *lisez* une objection.
342, 3, *ôtez les points qui suivent l'équation* (10).
343, 5, *au lieu de* pour constituer, *lisez* pour en constituer

(1) C'est en effet de la science, et non de l'ouvrage de Laplace que parle l'auteur.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans cette séance, les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1842; n° 8; in-4°.

Mémoire sur les canaux souterrains et les houillères de Worsley, près Manchester; par MM. FOURNEL *et* DYÈRE; juillet 1842; in-8°.

Cours de Philosophie positive; par M. AUGUSTE COMTE ; tome VI et dernier, contenant le complément de la Philosophie sociale et les conclusions générales; 1842; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome VIII, nos 21 et 22; in-8°.

Anatomie microscopique; par M. le docteur MANDL; 8e livraison (1re série, 6e livraison); *Terminaison des nerfs;* 9e livr. (2e série, 3e livr.); *Urine et Lait;* Paris, 1842; in-f°.

Recherches médico-légales sur le sang (Thèse par le même); Paris, 1842; in-4°.

Géographie prototype de la France; par M. DENAIX; 1841; in-8°, avec trois feuilles d'atlas.

Journal de Pharmacie et de Chimie; tome II; août 1842; in-8°.

Mémorial encyclopédique; juin 1842; in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 15 au 30 août 1842; in-8°.

Mémoire sur l'identité des diverses radiations lumineuses calorifiques et chimiques vibrées par le Soleil et les sources terrestres; par M. MELLONI. (Extrait de la *Bibliothèque universelle de Genève;* mai 1842.) In-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; juin 1842; in-8°.

Transactions. . . *Transactions de la Société philosophique Américaine;* nouvelle série; vol. VIII, partie 1re; Philadelphie, 1841; in-4°.

Uber productus. . . *Mémoire sur les Productus ou Leptena,* extrait des *Mémoires de l'Académie de Berlin; par* M. LÉOPOLD DE BUCH; in-4°.

Die Galvanographie. . . *De la Galvanographie, méthode pour imprimer au moyen de planches de cuivre galvanisées; par* M. F. DE KOBELL; Munich, 1842; in-4°.

Oversigt. . . *Comptes rendus des travaux de l'Académie royale des Sciences de Danemark; par* M. ŒRSTED; in-4°.

Quattro mesi. . . *Quatre mois à Florence,* ou *Relation de la troisième réunion des savants italiens;* Paris, 1842, in-8°.

Relazione. . . *Relation des principaux phénomènes observés à Venise pendant l'éclipse solaire du* 8 juillet 1842; *par* M. F. ZANTEDESCHI; Venise, 1842, broch. in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome X, n° 35.

Gazette des Hôpitaux; n° 100 à 102.

L'Expérience; n° 269.

L'Écho du Monde savant; n°s 15 et 16.